

**HISTORIA DE LA INGENIERIA CIVIL: RECONOCIMIENTO DE LOS
ESCENARIOS OCUPACIONALES DE LA INGENIERIA CIVIL EN COLOMBIA,
EN FUNCION DE LAS NECESIDADES DE INFRAESTRUCTURA Y DE LAS
TENDENCIAS DE FORMACION.**

LUCIO ARCADIO CIFUENTES DUQUE



**UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
BOGOTÁ D.C.**

2015

**HISTORIA DE LA INGENIERIA CIVIL: RECONOCIMIENTO DE LOS
ESCENARIOS OCUPACIONALES DE LA INGENIERIA CIVIL EN COLOMBIA,
EN FUNCION DE LAS NECESIDADES DE INFRAESTRUCTURA Y DE LAS
TENDENCIAS DE FORMACION.**

LUCIO ARCADIO CIFUENTES DUQUE

**Trabajo de grado para optar al título de
Ingeniero Civil**

Director: JAIME ALBERTO CASTRO MARIN

**UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
BOGOTÁ D.C.
2015**

Nota de aceptación:

Presidente

Jurado

Jurado

Bogotá D.C., 2015

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa sus agradecimientos a:

Al ingeniero Jaime Alberto Castro Martín, profesor de la Universidad Piloto de Colombia y director de este trabajo de grado, por su apoyo y orientación en el desarrollo de éste.

Y a todas las personas que de una manera u otra colaboraron en la realización de este trabajo.

¡Gracias!

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	10
OBJETIVOS	12
Objetivo general	12
Objetivos específicos.....	12
1. MARCO TEÓRICO.....	13
1.1 DEFINICIÓN DE INGENIERÍA.....	13
1.2 FUNCIONES DE LA INGENIERÍA	17
1.3 RAMAS DE LA INGENIERÍA.....	20
2. EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LA INGENIERÍA.....	29
2.1 ÉPOCA ANTIGUA.....	29
2.1.1 Ingeniería Egipcia.....	30
2.1.2 Ingeniería Mesopotámica.....	32
2.1.3 Ingeniería griega.....	34
2.1.4 Ingeniería Romana	38
2.2 EDAD MEDIA.....	42
2.3 EDAD MODERNA Y CONTEMPORÁNEA	44
3. LA INGENIERÍA CIVIL EN COLOMBIA.....	48
3.1 HISTORIA.....	48
3.2 LA SOCIEDAD COLOMBIANA DE INGENIERÍA	54
3.3 EVOLUCIÓN DE LA INGENIERÍA CIVIL EN LA ACADEMIA.....	57
3.4 MARCO LEGAL DE LA INGENIERÍA CIVIL EN COLOMBIA	60
4. EVOLUCIÓN DEL ESCENARIO OCUPACIONAL DE LA INGENIERÍA CIVIL EN COLOMBIA	64
4.1 OFERTA DE GRADUADOS	64
4.2 MERCADO LABORAL.....	70
5. LA FORMACIÓN ACTUAL DE INGENIEROS CIVILES EN EL MUNDO.....	89
5.1 TENDENCIAS Y REQUERIMIENTOS EN EL DESARROLLO DE LA INFRAESTRUCTURA	89
5.2 LA INGENIERÍA CIVIL EN LAS PRINCIPALES UNIVERSIDADES DEL MUNDO	94

5.2.1 Universidad de California en Berkeley (EUA).....	94
5.2.2 Universidad de Illinois - Urbana-Champaign (EUA)	96
5.2.3 Purdue University (EUA)	96
5.2.4 Cornell University (EUA)	97
5.2.5 Imperial College London (Inglaterra).....	98
5.2.6 Technical University Hamburg-Harburg Technology (Alemania)	99
5.2.7 Universidad de Stuttgart (Alemania)	101
5.2.9 Universidad de Toronto (Canada)	103
5.2.10 Aspectos generales observados.....	104
6. NECESIDADES EN LA FORMACIÓN DE INGENIEROS CIVILES EN COLOMBIA ..	106
6.1 REQUERIMIENTOS EN EL SECTOR DE INFRAESTRUCTURA	106
6.2 NECESIDADES DE FORMACIÓN DE LOS INGENIEROS CIVILES COLOMBIANOS	115
CONCLUSIONES.....	125
RECOMENDACIONES	129
BIBLIOGRAFÍA.....	130

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Graduados en Ingeniería Civil y carreras afines desde 2001 a 2012	65
Cuadro 2. Comparación de Graduados de Ingeniería Civil con otras Ingenierías	65
Cuadro 3. Vinculación laboral de recién graduados en Ingeniería Civil y Afines	68
Cuadro 4. Carreras con mayores porcentajes de graduados vinculados en 2009	69
Cuadro 5. Las 20 carreras más demandas por las empresas.	70
Cuadro 6. Rezago de Colombia en Infraestructura de transporte (2010)	93
Cuadro 7. Objetivos en la cadena de generación de valor público en el sector Transporte en Colombia	94

LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Total de graduados en educación superior entre 2001 y 2009	63
Gráfica 2. Las áreas del conocimiento más demandadas por los estudiantes	64
Grafica 3. Desempleo y crecimiento económico en Colombia. 1997 – 2009.	71
Gráfico 4: Ciclo del PIB de la construcción en Colombia, 1994-2007	73
Gráfica 5. Ciclo de los componentes del PIB de la construcción en Colombia, 1994-2007	74
Gráfica 6. Proyección de obras en Colombia con la contratación de Cuarta Generación	97

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A. VALOR DE LA MATRICULA EN LOS PROGRAMAS DE INGENIERÍA CIVIL	122
ANEXO B. PROGRAMAS DE INGENIERÍA CIVIL CON MEJORES ECAES	124
ANEXO C. PROGRAMAS DE INGENIERÍA APROBADOS EN COLOMBIA	125

INTRODUCCIÓN

La ingeniería en el mundo ha sido la base de cada uno de los avances para mejorar la calidad de vida de las sociedades. Esto se manifiesta por su participación en la realización de obras que inciden directamente en el desarrollo económico y social, y que dan cuenta del nivel de bienestar que las poblaciones pueden alcanzar. Estos aspectos se pueden observar a lo largo de la historia, y permiten identificar las culturas que mayores logros han llegado a tener en lo que para su tiempo ha representado los hitos más importantes en el trasegar de sus civilizaciones.

En Colombia el papel de la ingeniería, igualmente, ha sido fundamental para apoyar el desarrollo en sus diferentes dimensiones. Esto se verifica, particularmente, en el soporte que la ingeniería civil ha brindado para que las obras que han impulsado la dinámica socioeconómica a lo largo y ancho de la geografía, se hayan podido realizar para beneficio de las comunidades y del país en general, alentando el crecimiento económico y mejorando las condiciones de vida de las personas.

Es por todo esto que el estudio de la evolución que ha tenido la ingeniería, a nivel general, en el mundo, y del papel de la ingeniería civil en el devenir de Colombia, resulta esencial para conocer la importancia y el relieve de esta profesión en el contexto del desarrollo del país. Igualmente, abordar los aspectos específicos acerca de la forma en que ésta se ha insertado en los escenarios ocupacionales, permite tener una idea más clara sobre la situación actual y las perspectivas que pueden presentarse y las acciones que deben adelantar los estudiantes, los profesionales y las propias facultades de ingeniería civil, con miras a adaptarse a las necesidades que el sector de infraestructura del país, y el mercado laboral demandan.

Es por lo anterior que se adelantó esta investigación cuyo objetivo general fue: realizar un estudio y reconocimiento generalizado de la ingeniería a través de la historia en la humanidad e identificar su relevancia e impacto en el desarrollo del país, a través de la participación de la ingeniería civil de acuerdo con las dinámicas en los procesos de formación y los escenarios de ejercicio profesional. Para alcanzar este objetivo se realizó una exhaustiva revisión bibliográfica que sirvió de fundamento para el desarrollo del estudio.

El trabajo se enfoca principalmente en el estudio de la evolución de la ingeniería en Colombia y en el mundo y las implicaciones de dicha evolución en el desarrollo de una de sus más representativas ramas, la ingeniería civil en Colombia. También se realiza un análisis de cómo ha contribuido la profesión en el desarrollo de la sociedad, dado que en la actualidad con el crecimiento que presenta el sector de la construcción la ingeniería civil se presenta como una de las disciplinas con amplio campo de acción y múltiples posibilidades de ubicación laboral en Colombia.

La estructura del trabajo consta de seis capítulos: en el primero se presenta el marco teórico de la investigación; el segundo se ocupa de la historia de la ingeniería en el mundo; el tercero, aborda la historia de la ingeniería, enfatizando en la civil, en Colombia; en el cuarto se muestra la evolución que ha tenido el escenario ocupacional de la ingeniería civil en Colombia en los años más recientes; en el quinto se presenta un panorama de la formación actual de ingenieros civiles en el mundo, frente a las necesidades que se plantean en tal contexto; y en el sexto capítulo, se exponen los requerimientos de formación de los ingenieros en Colombia, en función de la situación del sector de infraestructura y sus demandas. Finalmente se desarrollan las conclusiones y recomendaciones del trabajo.

OBJETIVOS

Objetivo general

Realizar un estudio y reconocimiento generalizado de la ingeniería a través de la historia en la humanidad e identificar su relevancia e impacto en el desarrollo del país, a través de la participación de la ingeniería civil de acuerdo con las dinámicas en los procesos de formación y los escenarios de ejercicio profesional.

Objetivos específicos

- Identificar los hitos de la historia de la ingeniería más representativos y su relación con el desarrollo de infraestructura a través del desarrollo de las culturas.
- Describir los aspectos más relevantes de la historia de la ingeniería civil en Colombia relacionándola con la evolución de la infraestructura del país.
- Identificar la evolución del escenario ocupacional del ingeniero civil y las tendencias en el comportamiento de la demanda de profesionales en ingeniería.
- Identificar las tendencias en la formación del perfil de los Ingenieros Civiles, de cara a la situación y necesidades del desarrollo de la infraestructura del país.

1. MARCO TEÓRICO

1.1 DEFINICIÓN DE INGENIERÍA

A continuación podemos mostrar algunas definiciones de ingeniería desde las mas antiguas hasta las mas recientes.

“Desde el punto de vista etimológico, la raíz de la palabra Ingeniería tiene su origen en vocablo latino "ingenium" (ingenio), formado por in, y por gignére, genûi, genîtum, engendrar. Puede tener varios significados, aunque todos aluden a la facultad del hombre para discurrir o inventar con prontitud y facilidad y, también, para señalar a máquinas o artificios mecánicos”.¹ Se puede decir que desde sus orígenes, esta palabra se utiliza para indicar, a objetos particulares, pero de la misma manera se usa para señalar la aptitud mental para concebirlos, producirlos y operarlos correctamente.

En cuanto a la raíz histórica de su definición, el origen de la palabra Ingeniería proviene de las épocas de las Antiguas Civilizaciones cuyas grandes construcciones, en donde se incluyen templos, diques o canales, entre otras, requirieron la aplicación de conocimientos que hoy se identifican como ingenieriles. “También vale la pena señalar que en el idioma inglés se presentan los términos *engine*=maquina; *engineer*=ingeniero. Igualmente se resalta que en el siglo XVII, el inglés John Smeaton, uso por primera vez el título de Ingeniero Civil, con la intención de diferenciar su especialidad de la del experto en construcciones militares”.²

¹ Universidad Tecnológica Nacional. Días de la Ingeniería y del Ingeniero (en línea). Buenos Aires, 2014. Consultado en mayo 10 de 2014, disponible en: <http://www.frbb.utn.edu.ar/utec/utec/33/n1.html>

² Universidad Nacional del Nordeste. Cátedra Fundamentos de Ingeniería. Buenos Aires, 2013. P. 1. Consultado en mayo 12 de 2014, disponible en: <http://ing.unne.edu.ar/dep/eol/fundamento/tema/T3.pdf>

Ahora, en cuanto a los primeros intentos por definir la ingeniería, se considera que la primera definición la realizó el conde Rumford, quien en 1799 dijo que era: “la aplicación de la ciencia a los propósitos comunes de la vida.” Sin embargo, la que obtuvo un mayor reconocimiento fue la del arquitecto británico Thomas Tredgold presidente de la *Institution of Civil Engineers*, quien en 1828 la definió como “el arte de dirigir las grandes fuerzas de la naturaleza y usarlas para beneficio del hombre”.³ Se considera que ésta resultaba apropiada para la época, puesto que aun no se había consolidado aún el papel de la ciencia y la tecnología como parte sustancial de las actividades de la ingeniería.

Como se puede apreciar el planteamiento de Tredgold tiene el mérito de reflejar en buena medida, lo que en la actualidad se conoce como ingeniería, pero aun faltaba aspectos para su concreción. De esta manera, comenzando el siglo XX, se incluía su implicación organizativa con la definición de Henry G. Scott, quien en 1907 la definió la ingeniería como: “el arte de organizar y dirigir a las personas y controlar las fuerzas y materiales de la naturaleza en beneficio del hombre”. Aun era una amplia concepción, por lo que paulatinamente se consiguió ser más específicos. En este sentido, se presenta en 1928, la definición que los ingenieros civiles hacían de su profesión: “el arte de la aplicación práctica del conocimiento científico y empírico al diseño y producción o realización de varios tipos de proyectos constructivos, máquinas y materiales de uso o valor para el hombre”.⁴

Posteriormente, el científico francés Louis de Broglie escribió en 1958, otra definición considerando su propio quehacer: "El ingeniero es un Hombre que se ha

³ Universidad de Antioquia. ¿Qué es la ingeniería? (en línea). p. 16. Consultado en mayo 12 de 2014, disponible en:

http://aprendeonline.udea.edu.co/lms/moodle/file.php/98/Hacer_Ingeniero/Queesingenieria.pdf

⁴ Ibid., p. 16

especializado en la ejecución de ciertas aplicaciones de la ciencia, debiendo poseer conocimientos científicos amplios y precisos."⁵.

Aunque la ciencia se ha incorporado a la vida del ingeniero, se tiende a hablar más del ingeniero como el hombre de la Tecnología. El contexto para ello es que la ciencia es una herramienta del ingeniero, mientras que la tecnología es el factor que permite transformar los recursos disponibles para satisfacer necesidades. De esta manera, la definición de Ingeniero que se adopta, elaborada por Aquiles Gay plantea que: "el ingeniero es un hombre que partiendo de conocimientos, ideas, recursos, medios y material humano, construye objetos o productos tecnológicos, realiza proyectos técnicos o desarrolla procesos tecnológicos; su objetivo fundamental es, como planteamiento general, mejorar la calidad de vida del ser humano. Entendiendo como proyecto técnico la expresión de la solución óptima a un problema, siendo el proceso tecnológico la creación, el camino a recorrer partiendo del proyecto para llegar al producto tecnológico; y definiendo a este último como un objeto utilitario y racional, que responde a necesidades bien definidas".⁶

En la época actual, los diccionarios aportan luces sobre las perspectivas con las que se comprende el término. Según, el Larousse la ingeniería se puede entender en dos sentidos: en el primero, se trata de "la aplicación de los conocimientos científicos a la invención, perfeccionamiento y utilización de la técnica industrial en todas sus ramas. Estudios que permiten fijar las mejores orientaciones para la realización óptima de una obra o un programa de inversiones". Y en el segundo, se plantea como el "arte de traducir en realizaciones prácticas el conjunto de conocimientos científicos y tecnológicos relativos a una rama de las actividades humanas, y por ello existen diversas especialidades de la ingeniería, las cuales

⁵ Universidad Nacional del Nordeste. Cátedra Fundamentos de Ingeniería. Buenos Aires, 2013. P. 1. Consultado en mayo 12 de 2014, disponible en: <http://ing.unne.edu.ar/dep/eol/fundamento/tema/T3.pdf>

⁶ Ibid., p.2

aumentan a medida que aumenta el caudal de conocimientos y de sus aplicaciones”.⁷

Como actualmente los Estados intervienen en la regulación de los diversos aspectos en los que intervienen las profesiones, este contexto no se ha escapado de generar sus propias definiciones. De esta manera, en Colombia, la Ley 842 de 2003, señala que la ingeniería es “la profesión en la cual los conocimientos de las ciencias físicas y matemáticas adquiridas mediante el estudio, la experiencia y la práctica se aplican con buen juicio a desarrollar los sistemas para aprovechar económica y ambientalmente los materiales y las fuerzas de la naturaleza para la creciente prosperidad de la humanidad”.⁸

Por otra parte, los propios profesionales de esta disciplina, desde un ejercicio teórico y analítico, han desarrollado algunas definiciones. En una de ellas se señala que la: “Ingeniería es el conjunto de conocimientos teóricos, de conocimientos empíricos y de prácticas que se aplican profesionalmente para disponer de las fuerzas y de los recursos naturales, y de los objetos, los materiales y los sistemas hechos por el hombre para diseñar, construir, operar equipos, instalaciones, bienes y servicios con fines económicos, dentro de un contexto social dado, y exigiendo un nivel de capacitación científica y técnica”.⁹

Considerando lo anterior, una buena definición de ingeniería podría ser “la profesión en la que el conocimiento de las ciencias matemáticas y naturales adquiridas mediante el estudio, la experiencia y la práctica, se emplea con buen juicio a fin de desarrollar modos en que se puedan utilizar, de manera óptima los materiales y las fuerzas de la naturaleza en beneficio de la humanidad, en el

⁷ Universidad de Antioquia. ¿Qué es la ingeniería? (en línea). p. 17. Consultado en mayo 12 de 2014, disponible en:

http://aprendeonline.udea.edu.co/lms/moodle/file.php/98/Hacer_Ingeniero/Queesingenieria.pdf

⁸ Ley 842 de 9 de octubre de 2003, Artículo 1º. Concepto de ingeniería. Consultado en mayo 12 de 2014, disponible en: http://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-105031_archivo_pdf.pdf

⁹ Oveda, R. La Ingeniería en Colombia. Revista Digital Lámpsakos No. 1, 2009. p. 35.

contexto de restricciones éticas, físicas, económicas, ambientales, humanas, políticas, legales y culturales”.¹⁰

Por lo anterior luego de tener en cuenta las diferentes definiciones que se han expuesto, en el presente trabajo se asume como la mejor definición de ingeniería, la expuesta por María San Martín, por considerar tanto la actividad misma como el contexto en el que se desarrolla, así como su finalidad, además en el siguiente planteamiento se ven resumidos las anteriores definiciones de ingeniería: “La ingeniería es una profesión orientada hacia la aplicación competente de un cuerpo distintivo de conocimientos, basado en las matemáticas, las ciencias naturales y la tecnología, integradas con la gestión empresarial, que se adquiere mediante la educación y la formación profesional. La ingeniería está orientada hacia el desarrollo, provisión y mantenimiento de infraestructura, bienes y servicios para la industria y la comunidad”.¹¹

1.2 FUNCIONES DE LA INGENIERÍA

Una de las principales funciones de la ingeniería a nivel general se presentan a continuación:

La Investigación: búsqueda de nuevos conocimientos. Ej.: “cuando en el desarrollo de la profesión se nos presenta un problema sin antecedente, el cual requiere de estudio y una investigación previa con nivel científico, para luego emitir conclusiones sobre los posibles pasos a seguir para resolver el problema”.¹²

¹⁰ Fundamentos de ingeniería (en línea) Consultado en mayo 12 de 2014, disponible en: <http://ing.unne.edu.ar/dep/eol/fundamento/tema/T3.pdf>

¹¹ San Martín, María. Definición de Ingeniería (en línea). Consultado en mayo 12 de 2014, disponible en: <http://fluidos.eia.edu.co/lecturas/ingenieria.html>

¹² Universidad Nacional del Nordeste. Cátedra Fundamentos de Ingeniería. P. 2. Consultado en mayo 12 de 2014, disponible en: <http://ing.unne.edu.ar/dep/eol/fundamento/tema/T3.pdf>

El Desarrollo: es llevar a una forma accesible los resultados o descubrimientos, de manera que puedan conducir a productos, métodos o procesos útiles. Ej.: “orientando la toma de datos de un relevamiento en topografía, hidráulica, electricidad, etc.; de manera tal que se logren datos representativos, en el sitio de estudio, para una mejor interpretación en gabinete, lo cual nos conducirá a conclusiones más acertadas”.¹³

El Diseño: es algo fundamental, es especificar o proyectar la solución optima a un problema planteado. Ej.: “al proyectar el trazado de una red de alta tensión será óptima la solución que integre seguridad, economía y beneficios, y un moderado impacto ambiental”.¹⁴

La Producción: es el proceso mediante el cual las materias primas se transforman en productos. Ej.: “cuando partiendo de piedra, cemento, arena y agua logramos formar un hormigón de buena calidad, apto para construir columnas, vigas y losas en una estructura”.¹⁵

La Construcción: es el proceso de convertir en realidad la solución óptima obtenida. Ej.: “al ejecutar un proyecto de un barrio de viviendas, o una represa hidroeléctrica”.¹⁶

La Operación: es la realización de un trabajo práctico, aplicando los principios de la ingeniería. Esta relaciona directamente al mantenimiento de los productos que obtenemos, Artefactos Tecnológicos, Obras Eléctricas o Hidroeléctricas, edificios, etc. Ej. : “al realizar el mantenimiento de

¹³ Ibid., p.2

¹⁴ Ibid., p.2

¹⁵ Ibid., p.3

¹⁶ Ibid., p.3

instalaciones sanitarias o eléctricas en edificios, o el mantenimiento de las hélices de las turbinas de una Obra hidroeléctrica”.¹⁷

Las Ventas: son las posibles recomendaciones, asesoramientos en la venta de productos y en las gestiones legales necesarias para las operaciones financieras. Ej.: “al capacitar personas en un equipo de venta de maquinaria de la construcción, al asesorar a empresas de servicios sobre las ventajas de algún artefacto tecnológico (transformador) de última generación en tema electricidad”.¹⁸

La Administración: cuando se atienden problemas de carácter organizacional, económico, técnico y político. Ej.: “al integrar los equipos de trabajo en las entidades públicas”.¹⁹

También podemos ver en la legislación colombiana se alude a las funciones de la ingeniería, cuando se plantean las formas de ejercicio de este tipo de profesión. “Al respecto se señala que el ejercicio de la ingeniería se presenta por medio del desempeño de los siguientes tipos de actividades”.²⁰

- a) Los estudios, la planeación, el diseño, el cálculo, la programación, la asesoría, la consultoría, la interventoría, la construcción, el mantenimiento y la administración de construcciones de edificios y viviendas de toda índole, de puentes, presas, muelles, canales, puertos, carreteras, vías urbanas y rurales, aeropuertos, ferrocarriles, teleféricos, acueductos, alcantarillados, riesgos, drenajes y pavimentos; oleoductos, gasoductos, poliductos y en general líneas de conducción y transporte de hidrocarburos; líneas de

¹⁷ Ibid., p.3

¹⁸ Ibid., p.3

¹⁹ Ibid., p.3

²⁰ Ley 842 de 2003. Artículo 2º. Ejercicio de la ingeniería. Consultado en mayo 13 de 2014, disponible en: <http://www.cpiq.org.co/resources/uploaded/files/LEY%20842%20DE%202003.pdf>

transmisión eléctrica y en general todas aquellas obras de infraestructura para el servicio de la comunidad;

- b) Los estudios, proyectos, diseños y procesos industriales, textiles, electromecánicos, termoeléctricos, energéticos, mecánicos, eléctricos, electrónicos, de computación, de sistemas, teleinformáticos, agroindustriales, agronómicos, agrícolas, agrológicos, de alimentos, agrometeorológicos, ambientales, geofísicos, forestales, químicos, metalúrgicos, mineros, de petróleos, geológicos, geodésicos, geográficos, topográficos e hidrológicos;
- c) La planeación del transporte aéreo, terrestre y náutico y en general, todo asunto relacionado con la ejecución o desarrollo de las tareas o actividades de las profesiones especificadas en los subgrupos 02 y 03 de la Clasificación Nacional de Ocupaciones o normas que la sustituyan o complementen, en cuanto a la ingeniería, sus profesiones afines y auxiliares se refiere. También se entiende por ejercicio de la profesión para los efectos de esta ley, el presentarse o anunciarse como ingeniero o acceder a un cargo de nivel profesional utilizando dicho título.²¹

1.3 RAMAS DE LA INGENIERÍA

A continuación se resumen algunas definiciones de las ramas de la ingeniería.

Desde sus orígenes, la ingeniería tuvo dos frentes según las actividades en que se ocupaba. Por una parte, las que se desarrollaban por los militares (ingeniería militar) y, por otra, las actividades que no eran de carácter militar, frente al cual se le llamó civil. La ingeniería militar se trataba principalmente de los aspectos relacionados con la logística, los materiales, las armas, la construcción y la artillería. Por su lado, la ingeniería civil incluía las actividades de construcción que

²¹ Ley 842 de 2003. Artículo 2º. Ejercicio de la ingeniería. Consultado en mayo 13 de 2014, disponible en: <http://www.cpiq.org.co/resources/uploaded/files/LEY%20842%20DE%202003.pdf>

se realizaban en las ciudades, las empresas y las minas, especialmente. Gracias a los avances técnicos relacionados con la revolución industrial la ingeniería empezó a ampliar sus campos de acción, con lo que se fueron creando más especialidades en aspectos del diseño, la planeación y la construcción. De esta manera, para mediados del siglo XIX, por la expansión industrial y las necesidades de la sociedad surgen nuevas especialidades en la ingeniería, entre las que se pueden mencionar la ingeniería mecánica y la ingeniería en minas. Desde ese tiempo, los ingenieros civiles se ocupan en la realización de trabajos de topografía, agrimensura, la construcción de edificios, caminos, puentes, puertos y vías de ferrocarril.²²

Ya en el siglo XX, se presenta una gran demanda social, intelectual e industrial, e igualmente, el notable establecimiento de instituciones de enseñanza conlleva al desarrollo más elaborado de diversas ramas o especializaciones en la ingeniería. Es así como se llega a la definición de especialidades como: “aeronáutica, química, eléctrica, mecánica, industrial, telecomunicaciones, electrónica, geología, petrolera, la energía nuclear, eólica y solar, informática. Así mismo, algunas especialidades se han orientado a la investigación y explotación de la energía eólica, solar y nuclear, y en el desarrollo automotriz, de los alimentos y la genética”.²³

En lo referente al siglo XXI, como producto de la era del conocimiento, se observan claras tendencias del trabajo multidisciplinario en la ingeniería, esto en campos muy variados, en los que en otras épocas no sería lógico pensar que los ingenieros podrían intervenir en ellos, por ejemplo: “en finanzas, administración, estudios y descifrado del genoma humano, en la ingeniería espacial, en la nanotecnología, en la construcción de servo mecanismos autómatas, en el

²² Ramas de la ingeniería (en línea). P. 1. Consultado en mayo 15 de 2014, disponible en: http://www.aprendizaje.com.mx/Curso/Introduccion/tema7_ii.htm

²³ Ibid., p.1

desarrollo de mejores sistemas de manejo de la información, en la metrología y otras muchas áreas. En la actualidad existen muchas especialidades en las diferentes ramas de la ingeniería, además de que una de las principales características de los ingenieros de esta época es que pueden moverse en diferentes campos de la ciencia y que deben estar aprendiendo durante toda su vida”.²⁴

En la actualidad la ingeniería es una profesión diversificada, y según el contexto se puede componer de diversas ramas o campos de especialización.” Estas se han creado como una respuesta a la constante ampliación de los conocimientos tecnológicos del mundo actual y a las necesidades puntuales del avance tecnológico en las obras y proyectos”.²⁵ Entre las ramas más reconocidas a nivel mundial se pueden señalar las siguientes:

- **Ingeniería Agrícola:** El Ingeniero Agrícola es un profesional con formación científica, tecnológica, y gerencial capacitado en la planificación, gestión, diseño, evaluación, ejecución y supervisión de proyectos de ingeniería, que promueve el desarrollo social y productivo de los sectores agrícola, pecuario, agroindustrial y energético. Su preparación considera una sólida formación profesional para desempeñarse perfectamente en instituciones y empresas públicas o privadas en calidad de consultor.²⁶
- **Ingeniería Eléctrica:** Campo de la ingeniería que se ocupa del estudio y la aplicación de la electricidad, la electrónica y el electromagnetismo. Aplica conocimientos de ciencias como la física y las matemáticas para diseñar

²⁴ Ingeniería hidráulica (en línea). Consultado en mayo 15 de 2014, disponible en: <http://ingenieria-hidraulica.blogspot.com/2013/01/introduccion.html>

²⁵ Las ingenierías que se imparten en Colombia se muestran en el anexo C.

²⁶ Ingeniería agrícola (en línea). Consultado en mayo 15 de 2014, disponible en: <http://www.estudiar.edu.pe/universidades/36-carreras-universitarias/606-ingenieria-agricola.html>

sistemas y equipos que permiten generar, transportar, distribuir y utilizar la energía eléctrica.²⁷

- **Ingeniería Civil:** Es una de las ramas más amplias de la ingeniería, abarca el campo de las estructuras, construcción y administración de obras, transporte, geotecnia, hidráulica, medio ambiente y topografía.²⁸ Para ello lleva a cabo la concepción, diseño, construcción, operación y mantenimiento de las obras civiles tales como: acueductos, alcantarillados, riego, vías de comunicación, centrales hidroeléctricas, edificaciones, las cuales satisfacen las necesidades humanas de salud, producción de alimentos, transporte, energía, habitación y recreación. Por su estrecha relación con el medio físico tiene además una labor esencial en los procesos de prevención, manejo y recuperación ante eventos causados por desastres naturales.²⁹
- **Ingeniería Electrónica:** La Ingeniería Electrónica se dedica al estudio de los dispositivos, circuitos y sistemas electrónicos, incluyendo su análisis, diseño, desarrollo y operación, así como al estudio de los principios sobre los que se basan. Dichos dispositivos, circuitos y sistemas pueden utilizarse en una variadísima gama de aplicaciones, que incluye, entre otros, los sistemas digitales, los sistemas de comunicaciones, los sistemas de automatización y control, los sistemas de transporte e innumerables aparatos personales y domésticos, que hacen más fácil y agradable nuestra vida.³⁰

²⁷ Ingeniería eléctrica (en línea). Consultado en mayo 15 de 2014, disponible en:

<http://ingenierosprofesionales.net/ingenieria-electrica/>

²⁸ Ramas de la ingeniería (en línea), Consultado en mayo 15 de 2014, disponible en:

<http://laingenieriaenlavida.blogspot.com/p/principales-ramas.html>

²⁹ González, Álvaro. Desarrollo e Inserción Social de la Ingeniería Civil en Colombia. Bogotá: Fondo Nacional De Proyectos de Desarrollo Misión de Ciencia y Tecnología. 1989.

³⁰ Sobre la ingeniería electrónica (en línea) Consultado en mayo 15 de 2014, disponible en:

http://ie.coord.usb.ve/index_files/about.html

- **Ingeniería Aeronáutica:** Se ocupa de todos los aspectos del vuelo de vehículos más pesados que el aire, sin importar velocidad y altura.³¹
- **Ingeniería de sistemas:** Modo de enfoque e interdisciplinario que permite estudiar y comprender la realidad, con el propósito de implementar u optimizar sistemas complejos. Puede también verse como la aplicación tecnológica de la teoría de sistemas a los esfuerzos de la ingeniería, adoptando en todo este trabajo el paradigma sistémico. La ingeniería de sistemas integra otras disciplinas y grupos de especialidad en un esfuerzo de equipo, formando un proceso de desarrollo centrado.³²
- **Ingeniería Mecánica:** La Ingeniería Mecánica es la rama de la ingeniería que se dedica al estudio del diseño y construcción de elementos, máquinas, equipos y sistemas mecánicos para ponerlos al servicio de la humanidad, liberando al hombre del esfuerzo físico y dignificando su labor, para fomentar el desarrollo social y económico de la comunidad con su labor.³³
- **Ingeniería de materiales:** Rama de la ingeniería que se fundamenta en las relaciones propiedades-estructura y diseña o proyecta la estructura de un material para conseguir un conjunto predeterminado de propiedades. Esta ingeniería está muy relacionada con la mecánica y la fabricación.³⁴
- **Ingeniería Electromecánica:** Relacionada con la mecánica y el uso óptimo

³¹ Ingeniería (en línea). Consultado en mayo 15 de 2014, disponible en:

<http://ing.unne.edu.ar/dep/eol/fundamento/tema/T3.pdf>

³² Ingeniería de sistemas (en línea) Consultado en mayo 15 de 2014, disponible en:

<http://www.iingen.unam.mx/es-mx/Investigacion/Especialidad/Paginas/IngenieriaDeSistemas.aspx>

³³ Ingenieros mecánicos (en línea) Consultado en mayo 15 de 2014, disponible en:

<http://www.ingenierosmecanicos.org/definicion.htm>

³⁴ La ciencia y la ingeniería de materiales (en línea). Consultado en mayo 15 de 2014, disponible en:

<https://cieingmat.wordpress.com/tag/metamaterial/>

- de la energía y los métodos de fabricación y producción. Los ingenieros electromecánicos fabrican maquinas herramientas, maquinaria y equipo para todas las ramas de la industria.³⁵
- **Ingeniería Química:** Selecciona los procesos adecuados y los ordena conforme a una secuencia adecuada; transferencia de calor, transferencia de masa, humedecimiento y secado; mezclado, trituración, molido y fil reacciones químicas, cloración, polimerización, oxidación y reducción.³⁶
- **Ingeniería Metalúrgica:** Se ocupa de la producción de metales a partir de minerales y del desarrollo de aleaciones metálicas.³⁷
- **Ingeniería Industrial:** Se encarga de la aplicación del diseño, instalación y mejora de los sistemas industriales; distribución interna en las plantas, metodología para incrementar la producción, sistema de control de calidad, reducción y control de costos.³⁸
- **Ingeniería Telecomunicaciones:** Rama de la ingeniería, que resuelve problemas de transmisión y recepción de señales e interconexión de redes. Es la disciplina de aplicación de la telecomunicación, término que se refiere a la comunicación a distancia, generalmente a través de la propagación de ondas electromagnéticas. Esto incluye muchas tecnologías, como radio,

³⁵ La ingeniería electromecánica (en línea). Consultado en mayo 15 de 2014, disponible en:

<http://ing.unne.edu.ar/dep/eol/fundamento/tema/T3.pdf>

³⁶ La ingeniería en la vida (en línea). Consultado en mayo 15 de 2014, disponible en:

<http://laingenieriaenlavidablogspot.com/p/principales-ramas.html>

³⁷ Ingeniería metalúrgica. (en línea). Consultado en mayo 15 de 2014, disponible en:

<http://www.laingenieria.utn.edu.ar/content/ingenieria-metalurgica>

³⁸ Fundamentos de ingeniería (en línea). Consultado en mayo 15 de 2014, disponible en:

<http://ing.unne.edu.ar/dep/eol/fundamento/tema/T3.pdf>

televisión, teléfono, comunicaciones de datos y redes informáticas como Internet.³⁹

- **Ingeniería Ambiental:** Es la rama de la ingeniería que estudia los problemas ambientales de forma integrada, teniendo en cuenta sus dimensiones ecológicas, sociales, económicas y tecnológicas, con el objetivo de promover un desarrollo sustentable.⁴⁰
- **Ingeniería Geológica:** Disciplina científica preocupada de la aplicación de los conocimientos geológicos a problemas de ingeniería, como ubicación y diseño de represas, determinación de la estabilidad de taludes para propósitos de construcción y determinación del riesgo de terremotos, inundaciones o asentamientos en áreas donde se proyecta la construcción de caminos, tuberías, puentes, embalses u otras obras de ingeniería.⁴¹
- **Ingeniería de Minas:** Se ocupa de la extracción de los recursos minerales. Teniendo en cuenta la mayor especialización que cada vez requiere la sociedad. La Ingeniería de Minas centra sus esfuerzos en actividades como: La extracción mediante técnicas y labores mineras de los recursos minerales. El conocimiento y el uso en la ingeniería de explosivos. Obtención de licencias y ejecución de planes de labores así como planificación.⁴²
- **Ingeniería de Alimentos:** Tiene como función el estudio de la

³⁹ Orientación profesional (en línea) Consultado en mayo 15 de 2014, disponible en:

http://orientacion.universia.net.co/carreras_universitarias/tecnologia-en-telecomunicaciones-139.html

⁴⁰ Castañón, Angélica. Ingeniería Ambiental (en línea) Consultado en mayo 15 de 2014, disponible en:

<http://es.scribd.com/doc/20252104/Ingenieria-Ambiental-conceptos>

⁴¹ Ingeniería geológica (en línea) Consultado en mayo 15 de 2014, disponible en:

http://enciclopedia_universal.esacademic.com/158155/ingenier%C3%ADa_geol%C3%B3gica

⁴² Ingeniería de minas (en línea) Consultado en mayo 15 de 2014, disponible en:

<http://prezi.com/smqzsdrmb4f/ingenieria-de-minas/>

transformación de materias primas de consumo humano en productos con una vida útil más prolongada fundamentada en la comprensión de fenómenos de la química de los alimentos, la biología y la física. Esto se realiza con distintos fines, siendo el más importante que estas materias primas puedan conservarse el mayor tiempo posible, sin que pierdan su valor nutritivo, reducción de costos cuando se trata de transporte; deshidratación es el ejemplo más común: leche, frutas.⁴³

- **Ingeniería Naval:** También conocido en numerosos países como arquitecto naval, se ocupa del diseño, planificación, proyecto y construcción de buques, embarcaciones, y artefactos flotantes como pudieran ser plataformas petrolíferas e incluso parques eólicos. La ingeniería naval abarca las funciones de ingeniería incluyendo el proyecto creativo del buque y artefactos flotantes, la investigación aplicada, el desarrollo técnico en los campos de diseño y construcción y la administración de los centros de producción de material flotante (astilleros). Así como también del mantenimiento y reparación de éstos.⁴⁴
- **Ingeniería de Petróleos:** Parte de la ingeniería que combina métodos científicos y prácticos orientados al desarrollo y aplicación de técnicas para descubrir, explotar, desarrollar, transportar, procesar y tratar los hidrocarburos desde su estado natural, en el yacimiento, hasta los productos finales o derivados.⁴⁵
- **Ingeniería Forestal:** Es una carrera, considerada como un proceso transformador, investigativo, de vinculación y de gestión trascendente,

⁴³ Ingeniería de alimentos (en línea) Consultado en mayo 15 de 2014, disponible en http://www.ecured.cu/index.php/Ingenier%C3%ADa_en_alimentos

⁴⁴ Ingeniería naval (en línea) Consultado en mayo 15 de 2014, disponible en: http://orientacion.universia.net.co/carreras_universitarias/ingenieria-naval-61.html

⁴⁵ Ingeniería de petróleos. (en línea) Consultado en mayo 15 de 2014, disponible en: <http://es.scribd.com/doc/34017268/Ingenieria-del-Petroleo>

relacionada con el bosque y su entorno, que busca en forma permanente la construcción del conocimiento.⁴⁶

- ***Ingeniería Agroindustrial:*** Se orienta a la capacidad de industrializar, diseñar y organizar procesos que integren la producción primaria, la transformación y el mercadeo de productos, tanto alimentarios como no alimentarios; al igual que el aprovechamiento de coproductos, a partir de materias primas de origen biológico.⁴⁷

⁴⁶ Definición de la carrera de Ingeniería Forestal (en línea) Consultado en mayo 15 de 2014, disponible en: http://www.esPOCH.edu.ec/Descargas/Pensum/WEB_FORESTAL_62a07.pdf

⁴⁷ Ingeniería Agroindustrial (en línea) Consultado en mayo 15 de 2014, disponible en: <http://ingagroiuT.blogspot.com/>

2. EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LA INGENIERÍA

En este capítulo encontraremos un resumen de la evolución de la ingeniería desde la época antigua hasta la actualidad.

2.1 ÉPOCA ANTIGUA

Desde los primeros hombres se manifiesta la utilización de algunos principios de la ingeniería, en actividades como conseguir sus alimentos, pieles y construir armas de defensa como hachas, puntas de lanzas, martillos etc. Sin embargo, el desarrollo de la ingeniería como tal, se presenta ocho milenios antes de la era cristiana con la revolución agrícola. “Ocurre cuando los hombres dejan de ser nómadas, y se asientan en lugares fijos comenzando a realizar cultivos de algunos productos y criar animales para su sustento. Esto se evidencia en el cuarto milenio antes de la era cristiana en África y Asia, con los asentamientos poblacionales alrededor de ríos como Nilo, Éufrates e Indo, en donde se iniciaron importantes civilizaciones. Allí, posteriormente, los desarrollos llevarían a la aparición de la ciencia”.⁴⁸

Tales asentamientos humanos darían lugar posteriormente a las ciudades, en donde los primeros ingenieros se manifestaron como arquitectos, construyendo los extramuros para proteger las ciudades, así como sus edificaciones, requiriendo para ello, algunas habilidades de ingeniería. “Fueron seguidos por los especialistas en irrigación, lo que fue necesario para garantizar el riego de las cosechas. También aparecen los ingenieros militares, quienes se ocupaban de defender las posiciones de sus pueblos, incluyendo las zonas de cosecha y las ciudades. Igualmente, tuvo importancia la comunicación, necesaria para el

⁴⁸ Instituto Nacional de Tecnología e Ingeniería de Argentina. Historia de la ingeniería (en línea). P. 1. Consultado en mayo 12 de 2014, disponible en: http://www.inti.gob.ar/cirsoc/pdf/historia_ingenieria/historia.pdf

desarrollo socioeconómico de las organizaciones. Es así como las poblaciones ubicadas en los corredores de las rutas comerciales, como la que iba desde China a España, tuvieron un mayor y más acelerado progreso. La razón es que por allí transitaban las personas con los conocimientos de las innovaciones realizadas en otros lugares”.⁴⁹

A continuación se describen los avances de la ingeniería en la antigüedad, conforme a los aportes de las civilizaciones más relevantes de ese periodo histórico.

2.1.1 Ingeniería Egipcia

Entre las mas importantes encontramos el antiguo Egipto que es reconocido por ser una civilización generadora de algunas de las obras más grandiosas de la ingeniería de todos los tiempos, como fue el muro de la ciudad de Menfis. “Esta antigua capital estaba muy próxima del lugar en donde hoy se encuentra El Cairo, y la historia señala que dicho muro fue construido por Kanofer, que era el arquitecto real de Menfis. Su hijo Imhotep, es considerado como el primer ingeniero conocido. Éste tuvo mayor fama como arquitecto que como ingeniero, pero evidentemente en sus obras estuvieron notablemente incorporados algunos elementos de la ingeniería”.⁵⁰

El desarrollo de la ingeniería en esa época de la civilización egipcia se alimentó de los siguientes factores:

- 1) la creencia religiosa contemporánea de que para poder disfrutar de la eternidad era necesario conservar intacto el cadáver de un individuo.

⁴⁹ Ibid., p.2

⁵⁰ Instituto Nacional de Tecnología e Ingeniería de Argentina. Historia de la ingeniería (en línea). P. 2. Consultado en mayo 12 de 2014, disponible en: http://www.inti.gob.ar/cirsoc/pdf/historia_ingenieria/historia.pdf

- 2) El suministro casi ilimitado de mano de obra de esclavos.
- 3) La actitud paciente de quienes controlaban los recursos de entonces. El reinado del Rey Joser fue propicio para el invento de Imhotep: la pirámide. Las habilidades técnicas requeridas para el diseño, organización y control de un proyecto de esta magnitud lo distinguen como una de las proezas más grandes y antiguas de todos los tiempos.⁵¹

“Un hito en la ingeniería es constituido por las famosas pirámides de Egipto, especialmente la del faraón Keops, por ser la de mayor tamaño y relevancia. Esta pirámide tenía 230.4 m por lado en la base cuadrada y originalmente medía 146.3 m de altura. Fue elaborada con unos 2`300.000 bloques de piedra, de cerca de 1.1 toneladas en promedio. Se trata de una de las más importantes proezas del hombre, teniendo en cuenta el conocimiento limitado de la geometría y la falta de instrumentos y herramientas de ese tiempo. A la muerte de Imhotep, fue honrado por su obra, inscribiendo su nombre en la lista de dioses egipcios. La construcción de pirámides comenzó alrededor de 3000 a. de C., y se estima que duró cerca de un siglo. La exactitud con que se orientó la base con respecto a la alineación norte sur, este oeste fue de aproximadamente 6 minutos de arco como error máximo, en tanto que la base distaba de ser un cuadrado perfecto por menos de 17.78 cm. Cabe anotar que de las estructuras masivas de ingeniería antigua, las pirámides egipcias sólo son superadas por la Gran Muralla China”.⁵²

“La relevancia en la construcción de pirámides se relaciona principalmente con el hecho de que no se conocían ni el tomillo ni la polea, y no se contaba con otros mecanismos más que la palanca. Es por ello que una de las teorías predominantes acerca de cómo se erigieron las pirámides es que se construyeron planos inclinados o rampas alrededor de la pirámide, hasta soterrarla. Con este

⁵¹ Ibid., p.3

⁵² Instituto Nacional de Tecnología e Ingeniería de Argentina. Historia de la ingeniería (en línea). P. 3. Consultado en mayo 12 de 2014, disponible en: http://www.inti.gob.ar/cirsoc/pdf/historia_ingenieria/historia.pdf

mecanismo, el paso posterior era el de desenterrar la pirámide, lo que explica que con métodos simples, más una fuerza laboral ilimitada, produjeron resultados difíciles de creer. Otras teorías plantean que la precisión de dichas construcciones, con las tecnologías actuales es imposible, por lo que se especula que en aquel entonces recibieron ayuda de tecnologías más avanzadas que las que existen hoy. También es importante anotar que, aunque se construyeron esas impresionantes estructuras, fueron muy pocas las innovaciones significativas en la construcción con piedra, puesto que el fundamento estuvo en la fuerza bruta y el tamaño”.⁵³

“Otros aportes de los egipcios estuvieron en la construcción de diques y canales, puesto que un eje esencial del desarrollo de esta civilización fue su dependencia del río Nilo, lo que forzó la elaboración de sistemas complejos de irrigación. Cuando la tierra de regadío era más alta que el nivel del río, utilizaban un dispositivo denominado cigüeñal “shaduf” para elevar el agua hasta un nivel desde el cual se dirigía hacia la tierra. El aparato consiste en una cubeta unida mediante una cuerda al extremo largo de un palo apoyado, con un contrapeso en su extremo corto. El operador hacía fuerza en el contrapeso para levantar la cubeta y balancear el palo sobre su fulcro. Lo que parece sorprendente hoy día es que muchos de esos antiguos dispositivos sigan en uso cotidiano en Egipto”.⁵⁴

2.1.2 Ingeniería Mesopotámica

La Mesopotamia se desarrolló entre los ríos Eufrates y Tigris, en el norte de Irán, en donde gran parte de la ciencia, ingeniería, religión y comercio tuvieron buena parte de sus orígenes. Varios pueblos nacieron, florecieron y desaparecieron a lo largo de la historia en ese lugar. “El primero de ello fue el de los sumerios, el cual construyó murallas para ciudades y templos y excavó acequias que pueden haber

⁵³ Ibid., p.4

⁵⁴ Ibid., p.4

sido los primeros logros de ingeniería del mundo. Los sumerios fueron gradualmente superados por considerable inmigración de nómadas árabes, que pasaron a ser campesinos y moradores de la ciudad. Así se formó Babilonia, que fue la sede de una cantidad de imperios de poca duración, hasta ser conquistada posteriormente por los asirios”.⁵⁵

“Como en Egipto la relación con los ríos era vital, por lo que la vigilancia de las riberas de barro de los canales era una actividad importante. Durante cuatro mil años, esos canales sirvieron a una población más densa de la que hay allí hoy día. En el desarrollo de los habitantes de Mesopotamia se requirió primero aprender a irrigar las tierras y a amurallar sus ciudades, para luego ocuparse de otras construcciones, como fue el caso de los templos. Como en todos los tiempos, la guerra pareció ser un catalizador de las invenciones, por lo que los asirios, que era un pueblo guerrero, tuvieron en sus manos algunas innovaciones en ese campo”.

⁵⁶

De esta manera, los asirios fueron los primeros en emplear armas de hierro, aprovechando que ya se conocía la manufactura del hierro desde siete u ocho siglos antes, pues la había descubierto la tribu de los chalibas en Asia Menor.” Los asirios también inventaron la torre de asalto con la adición del ariete, que se convirtió posteriormente en una pieza estándar del equipo militar, hasta que la invención del cañón la hizo obsoleta. Alrededor de 2000 a. de J.C., los asirios lograron una ventaja militar con la invención de la caballería, siendo un avance significativo en el transporte, pues aprendieron que el caballo se podía domesticar y servía para cabalgar”.⁵⁷

⁵⁵ Instituto Nacional de Tecnología e Ingeniería de Argentina. Historia de la ingeniería (en línea). P. 5. Consultado en mayo 12 de 2014, disponible en:

http://www.inti.gob.ar/cirsoc/pdf/historia_ingenieria/historia.pdf

⁵⁶ Ibid., p.5

⁵⁷ Ibid., p.5

2.1.3 Ingeniería griega

Son múltiples los aportes de los griegos a la ingeniería. Sus sistemas de distribución de agua e irrigación siguieron el patrón de los egipcios, pero mejoraron materiales y labor. Los ingenieros de este periodo se conocían mejor por el uso y desarrollo de ideas ajenas que por sus propias invenciones. La historia griega comienza hacia el año 700 a. de C., y al periodo desde aproximadamente 500 hasta 400 a. de J.C., se le llama “Edad de Oro de Grecia”, debido a los logros significativos en las áreas del arte, filosofía, ciencia, literatura y gobierno. Aproximadamente en 440 a. de J.C., Pericles contrató arquitectos para que construyeran templos en la Acrópolis, que era un monte rocoso que miraba a la ciudad de Atenas. “Un sendero por la ladera occidental llevaba a través de un inmenso portal conocido como Los Propóleos, hasta la cima. Las vigas de mármol del cielo raso de esta estructura estaban reforzadas con hierro forjado, lo que constituye el primer uso conocido del metal como componente en el diseño de un edificio”.⁵⁸

“Las escalinatas de acceso al Partenón, otro de los edificios clásicos de la antigua Grecia, no son horizontales. Los escalones se curvan hacia arriba, al centro, para dar la ilusión óptica de ser horizontales. En la construcción actual de puentes se toma en cuenta generalmente el hecho de que los que se curvan hacia arriba dan impresión de seguridad, en tanto que los horizontales parecen pandearse por el centro. Quienes dirigieron la construcción de esas antiguas estructuras no tenían un título que se pudiera traducir como “ingeniero”. Se les llamaba “arquitekton”, que quiere decir el que había cumplido un periodo como aprendiz en los métodos estándar de

⁵⁸ Instituto Nacional de Tecnología e Ingeniería de Argentina. Historia de la ingeniería (en línea). P. 6. Consultado en mayo 12 de 2014, disponible en: http://www.inti.gob.ar/cirsoc/pdf/historia_ingenieria/historia.pdf

construcción de edificios públicos. Los arquitectos recibían aproximadamente un tercio más de remuneración que los albañiles”.⁵⁹

El adiestramiento lo recibían aprendices y maestros en la práctica, pues no había salones de clase. Entre los historiadores hay dudas sobre la autoría de un breve artículo intitulado “Mecánica”. Algunos dan el crédito a Estratón de Lámpsakos, y otros se lo acreditan a Aristóteles. Aun así, por lo general, se acepta que la “Mecánica” fue el primer texto conocido de ingeniería. Entre sus contenidos se estudian conceptos tan fundamentales de la ingeniería como la teoría de la palanca. También se presenta un diagrama que muestra un tren de tres engranes mostrados como círculos, lo que constituye la primera descripción conocida de engranajes. Es más que probable que éstos no tuvieran dientes, por lo que tuvo que ocurrir mucho deslizamiento antes de que se conociera la ventaja de los dientes y la manera de producirlos. Hay que destacar la gran cantidad de vacíos de conocimiento que prevalecían en ese tiempo, a lo que debían acomodarse los ingenieros. En ese contexto estaba el esquema fundamental del “reloj de agua de Ctesibio, en Alejandría, aproximadamente en 270 a. de J.C. Se suponía que el tiempo entre el amanecer y el ocaso era de 12 h, por lo que una hora era variable, en función de la época del año: más larga a medio verano y más corta a medio invierno”.⁶⁰

“En medio de la dinámica de esa civilización, el mayor aporte de los griegos a la ingeniería fue el descubrimiento de la propia ciencia. Platón y su alumno Aristóteles quizás sean los más conocidos de los griegos por su doctrina de que hay un orden congruente en la naturaleza que se puede conocer. Ese es un principio de la ciencia: es necesario creer en un orden consistente, repetible en la naturaleza, en forma de las leyes naturales. Aristóteles para muchos es el filósofo

⁵⁹ Ibid., p.6

⁶⁰ Instituto Nacional de Tecnología e Ingeniería de Argentina. Historia de la ingeniería (en línea). P. 6. Consultado en mayo 12 de 2014, disponible en: http://www.inti.gob.ar/cirsoc/pdf/historia_ingenieria/historia.pdf

más grande de este periodo de la historia; y su obra constituyó el cimiento de la ciencia durante los 2000 años últimos. El razonamiento abstracto de Platón, Aristóteles y Arquímedes, muy posiblemente no se ha superado. Sin embargo, es necesario aclarar que esos aportes fueron a la filosofía de la ciencia, más que pensar que ellos fueron directamente a la ingeniería”.⁶¹

Teniendo en cuenta el rol de los filósofos, los griegos pensaban que la elaboración de las maquinas y el trabajo manual debía estar a cargo de los esclavos y mecánicos, sin que les diera estatus por ello. “Específicamente el tirano Dionisio, fueron los primeros que se sepa que contrataron personas para que les inventaran Máquinas bélicas. Esta práctica se ha transmitido a través del tiempo hasta la actualidad, hasta países como Estados Unidos, en que buena parte del presupuesto federal se asigna anualmente a la defensa. Todavía no se ha visto, desde el tiempo de Dionisio, una nación pueda desentenderse de los desembolsos para la defensa”.⁶²

Se puede deducir otra razón por la que Grecia no pudo producir estructuras de ingeniería cuyas magnitudes fueran comparables a las de las sociedades de las cuencas hidrográficas (Egipto y Mesopotamia) fue la disminución en el uso de la fuerza laboral de esclavos para lograr tales hazañas. “Los griegos desarrollaron un estudio llamado “hybris” (orgullo), que era una creencia en la necesidad de leyes morales y físicas restrictivas en la aplicación de una técnica dominada. Llegaron a creer que forzar a humanos y bestias más allá del límite para reunir y transportar monolitos de varias toneladas era inhumano e innecesario. Esos ejercicios deshumanizasteis habían llegado al máximo en Egipto, y aparecen en diversas fechas más adelante en la historia, por ejemplo en Stonehenge en

⁶¹ Instituto Nacional de Tecnología e Ingeniería de Argentina. Historia de la ingeniería (en línea). P. 7. Consultado en mayo 12 de 2014, disponible en: http://www.inti.gob.ar/cirsoc/pdf/historia_ingenieria/historia.pdf

⁶² Ibid., p. 7

Inglaterra, mil años después. Sin embargo, lo que los griegos no tuvieron en realizaciones de ingeniería lo compensaron con creces en los campos del arte, literatura, filosofía, lógica y política. Es interés ante notar que la topografía, como la desarrollaron los griegos y luego los romanos, se considera como la primera ciencia aplicada en la ingeniería, y será prácticamente la única como ciencia aplicada durante los veinte siglos siguientes”.⁶³

Así mismo los griegos creían que el orden disciplinado en las empresas militares, expresado en sus tropas debidamente uniformadas y llevando el paso marcado por flautas, era la fortaleza que les daba ventaja sobre sus adversarios; sin embargo, su precursora utilización armamento de acero pudo ser la verdadera fuente del poder militar, pues resultaba más eficaz que lo que aportaba el hierro o el bronce.” En 305 a. de J.C., el ingeniero Epímaco creó la máquina de guerra más temible de la época: el castillete, diseñado por nueve pisos, con una base cuadrada que medía entre 15 y 22.5 m por lado y una altura total entre los 30 y los 45 m. Todo el equipo pesaba cerca de 82 toneladas, tenía ocho inmensas ruedas con aros de hierro y lo empujaban y jalaban 3 400 soldados (acarreadores del castillete). Cada uno de los nueve pisos contenía un tanque de agua y cubetas para apagar los fuegos que lo incendiaran. El castillete fue un arma ofensiva muy usada durante años, hasta que la invención del cañón hizo que las murallas perdieran su efectividad como una línea de defensa”.⁶⁴

Uno de los mas grandes representante de la Grecia antigua fue Arquímedes, conocido por el “principio de Arquímedes” sobre las palancas, quien también fue un matemático y hábil ingeniero. Realizó muchos descubrimientos importantes en las áreas de la geometría plana y sólida, tal como una estimación más exacta de y

⁶³ Instituto Nacional de Tecnología e Ingeniería de Argentina. Historia de la ingeniería (en línea). P. 8. Consultado en mayo 12 de 2014, disponible en:

http://www.inti.gob.ar/cirsoc/pdf/historia_ingenieria/historia.pdf

⁶⁴ Ibid., p. 9.

leyes para encontrar los centros de gravedad de las figuras planas. “También creó la ley de las palancas, demostrándola matemáticamente. Otro de sus inventos fue lo se conoce como “el tornillo de Arquímedes”, consistente en una hélice encerrada dentro de un tubo, la cual se hace girar para levantar agua. Este dispositivo se ha usado extensamente siglos después en los sistemas hidráulicos y en la minería, como en las motobombas y la extracción de hidrocarburos del subsuelo”.⁶⁵

Arquímedes también desarrolló estudios sobre astronomía y construcción de barcos. “De hecho, otro elemento de su inventiva fue una grúa que instaló en uno de sus mayores barcos, con un gancho para levantar la proa de pequeños barcos de ataque hasta vaciarlos de su contenido, para después echarlos al agua de popa. Por todos estos trabajos, Arquímedes se considera como una de las grandes mentes de todos los tiempos”.⁶⁶

2.1.4 Ingeniería Romana

El imperio romano fue un gran impulsor del conocimiento y el desarrollo en diversos frentes. Los romanos utilizaron el trabajo de los esclavos para producir mejoras prácticas en las actividades de su imperio, empleado principios simples. Sin embargo, sus aportes no fueron hacia la ciencia, sino yendo a lo práctico, de los campos militar y de obras civiles, principalmente; y a la organización política y social, tan necesario todo para la expansión de su imperio. Se les suele considerar los mejores ingenieros de la antigüedad, aunque se basaron en el cúmulo de conocimientos de las civilizaciones previas.

⁶⁵ Ibid., p.9

⁶⁶ Instituto Nacional de Tecnología e Ingeniería de Argentina. Historia de la ingeniería (en línea). P. 10. Consultado en mayo 12 de 2014, disponible en: http://www.inti.gob.ar/cirsoc/pdf/historia_ingenieria/historia.pdf

La ingeniería romana fue mayoritariamente civil, especialmente en el diseño y construcción de obras permanentes tales como acueductos, carreteras, puentes y edificios públicos, que eran necesarios para poder sostener la comunicación y el dominio en sus tierras conquistadas. “La profesión de “architectus” era respetada y popular; en efecto, Druso, hijo del emperador Tiberio, era arquitecto. Una innovación interesante de los arquitectos de esa época fue la reinención de la calefacción doméstica central indirecta, que se había usado originalmente cerca de 1200 a. de J.C., en Beycesultan, Turquía. Sin embargo, después de la caída del Imperio Romano se refundió la tecnología de la calefacción doméstica central indirecta para volver a aparecer en los tiempos modernos”.⁶⁷

Se destaca también el Coliseo romano, como uno de los grandes triunfos de la construcción pública, siendo el lugar de mayor dimensión para reuniones pública construido antes de los estadios del siglo XX. Son también reconocidas las mejoras significativas en la construcción de carreteras, que aportaron los ingenieros romanos. “Este aspecto está ligado a dos razones: la primera es que se creía que la comunicación era esencial para conservar un imperio en expansión, y la segunda, es que se creía que una carretera bien construida duraría mucho tiempo con un mínimo de mantenimiento. Según los estudios, se considera que las carreteras romanas podían durar hasta un siglo sin requerir reparaciones importantes. Este principio de “alto costo inicial - poco mantenimiento” ha vuelto a retomarse solo hace pocas décadas”.⁶⁸

“Un hito fundamental en la construcción de carreteras de la antigüedad es la llamada Vía Apia, iniciada en 312 a.de C., constituyéndose en la primera carretera importante recubierta de Europa. Inicialmente esta carretera iba de Roma hasta Capua, con 260 km, y en 244 a. de C., se extendió hasta Brindisi, siendo entonces

⁶⁷ Instituto Nacional de Tecnología e Ingeniería de Argentina. Historia de la ingeniería (en línea). P. 11. Consultado en mayo 12 de 2014, disponible en:

http://www.inti.gob.ar/cirsoc/pdf/historia_ingenieria/historia.pdf

⁶⁸ Ibid., p. 11

una obra muy prestigiosa. Vale resaltar que en los mejores tiempos del Imperio Romano, el sistema de carreteras tenía aproximadamente 29.000 Km., cubriendo el territorio entre el Valle del Eufrates en Asia, y la Gran Bretaña en el noroccidente de Europa”.⁶⁹

En comparación con las anteriores civilizaciones, los acueductos romanos eran mayores y más numerosos. “Casi todo lo que se sabe actualmente del sistema romano de distribución de aguas proviene del libro *De Aquis Urb'is Romae* de Sexto Julio Frontino, quien fue Autor Aquarum de Roma, de 97 a 104 a. de J.C., Frontino llevaba registros de la utilización del agua, que indican que el emperador usaba el 17%, el 39% se usaba en forma privada, y el 44% en forma pública. Se calcula que en Roma diariamente se consumían entre 380 y 1 100 millones de litros de agua. La fracción del 44% para uso público estaba subdividida adicionalmente en 3% para los cuarteles, el 24% para los edificios públicos, incluidos once baños públicos, 4% para los teatros, y 13% para las fuentes. Había 856 baños privados a la fecha del informe. En todo caso, la administración del agua en Roma era una tarea considerable e importante. Los acueductos romanos se construyeron siguiendo esencialmente el mismo diseño, que usaba arcos semicirculares de piedra montados sobre una hilera de pilares. Cuando un acueducto cruzaba una cañada, con frecuencia requería niveles múltiples de arcos. Uno de los mejor conservados de la actualidad es el Pont du Gard en Nimes, Francia, que tiene tres niveles. El nivel inferior también tenía una carretera. Los romanos usaron tubería de plomo y luego comenzaron a sospechar que no era salubre. Sin embargo, el envenenamiento por plomo no se diagnosticó específicamente sino hasta que Benjamín Franklin escribió una carta en 1768 relativa a su uso”.⁷⁰

⁶⁹ Ibid., p. 11

⁷⁰ Ibid. P.12

“En el año 40 a. de C., el emperador Claudio hizo que sus ingenieros intentaran drenar el lago Facino por medio de un túnel, con el uso del desagüe para irrigación. Igualmente, en otros aspectos, cabe señalar que el libro de Atenaios, titulado *Mecánikos*, estudia las máquinas de asedio, puentes colgantes, arietes, testudos, torres y otros dispositivos semejantes, que buscaban aportar mejoras en el arsenal militar de su tiempo. De igual manera, hacia 100 d. de J.C., uno de los mejores y más prolíficos autores técnicos de todos los tiempos, Herón de Alejandría, produjo diversos manuscritos de ingeniería entre los que están: *Mecánica*, *Neumática*, *Arte del asedio*, *Fabricación de autómatas*, *El tránsito del topógrafo*, y *Medición y espejos*. Además de sus textos, también se ocupó de invenciones prácticas como una máquina de vapor, o “*eolípila*”, que funcionaba bajo el principio de la reacción, semejante al de un rociador giratorio de jardín”.⁷¹

“En otros frentes, se considera que la caída del Imperio romano en 476 d. de C. tuvo gran parte de su raíz en el estancamiento que empezó a tener su ingeniería, especialmente después de 100 d. de J.C., cuando ya sus avances fueron mínimos. Se alude que dicha situación se acentuó con unas leyes impuestas cerca de 301 d. de C., en donde Diocleciano pretendía que a todo hombre del imperio se obligara a seguir el oficio de su padre. Se buscaba proporcionar estabilidad económica, pero se afectó la inventiva de la población. Sin embargo, hay que resaltar una innovación ocurrida durante este periodo, que fue la invención del alumbrado público en la ciudad de Antioquía, aproximadamente hacia el año 300 d. de C”.⁷²

En conclusión la ingeniería Romana ha sido una de las mas importantes y significativas para las muchas obras de ingeniería que tenemos en la actualidad.

⁷¹ Instituto Nacional de Tecnología e Ingeniería de Argentina. Historia de la ingeniería (en línea). P. 13. Consultado en mayo 12 de 2014, disponible en:

http://www.inti.gob.ar/cirsoc/pdf/historia_ingenieria/historia.pdf

⁷² Ibid., p. 14.

2.2 EDAD MEDIA

La Edad Media marca el fin del imperio romano y el comienzo de una era de gran influencia religiosa, en donde el conocimiento fue restringido en un largo periodo por el imperativo de las creencias del cristianismo. Sin embargo, posteriormente se presentan grandes adelantos en diversos frentes.

“La caída de Roma es sinónimo del fin de los tiempos antiguos. En el tiempo que siguió, el periodo medieval, la legislación de castas y la influencia religiosa retardaron considerablemente el desarrollo de la ingeniería. Muchos historiadores llaman “El Oscurantismo» al periodo de 600 a 100 d. de J.C. Durante este lapso dejaron de existir la ingeniería y arquitectura como profesiones. En el siglo XIII, Santo Tomás de Aquino argumentó que ciencia y religión eran compatibles. Ghazzali, erudito en ciencia y filosofía griegas, llegó a la conclusión de que la ciencia alejaba a las personas de Dios, por lo que era mala. Los europeos siguieron a Santo Tomás, en tanto que el Islam siguió a Ghazzali. En medida, esta diferencia en filosofía es la que subyace al tan distinto desarrollo técnico en estas dos culturas. En la actualidad no se acepta universalmente que ninguno de esos grandes estudiosos tuviera la razón. Sin embargo, es indudable que durante siglos Europa ha disfrutado de superioridad técnica en el mundo, con las ventajas que ello supone, en tanto que el desarrollo técnico en la cultura del Islam ha sido limitado”.⁷³

“Después de la caída del Imperio Romano, el liderazgo técnico pasó a la capital bizantina de Estambul. Fue un periodo de aproximadamente diez siglos en los que el imperio bizantino marco la pauta en algunas obras, como la construcción de elevadas murallas hasta de 13 metros de altura en algunos lugares, con miras a

⁷³ Ibid. P.15

bloquear el ingreso de los pueblos bárbaros, principalmente del norte de Europa”.⁷⁴

“En ese periodo, cerca de 200 d. de C., se inventó un ariete llamado “ingenium” para atacar las murallas. Muchos años después se llamó al operador del ingenium, “ingeniator”, que muchos historiadores creen que ayudó a definir el origen de la palabra ingeniero. Un historiador afirma que “la principal gloria de la Edad Media no fueron sus catedrales, su épica o su escolástica: fue la construcción, por primera vez en la historia, de una civilización compleja que no se basó en las espaldas sudorosas de esclavos o peones sino primordialmente en fuerza no humana”. Esto porque la revolución medieval de la fuerza y la potencia es uno de los desarrollos más dramáticos e importantes de la historia”.⁷⁵ Se puede decir que la decadencia de la institución de la esclavitud y el continuo crecimiento del cristianismo explican el nuevo enfoque del trabajo humano y el uso de nuevas tecnologías.

En este sentido, unas nuevas fuentes de potencia se empezaban a imponer, como la fuerza hidráulica, el viento y el caballo, que se concretaron en las ruedas y turbinas hidráulicas, los molinos de viento y las velas, las carretas y los carruajes. Así mismo, hubo otros avances técnicos como el uso del carbón de leña y el sople de aire para fundir el hierro con mayor eficiencia. Inventos de otras latitudes se incorporan al trabajo en Europa, como fue la introducción, desde China, del papel y la pólvora por los árabes, así como las ciencias de la química y la óptica que ellos desarrollaron. “Todas estas aplicaciones ayudaron notablemente en el desarrollo de mayores avances tecnológicos. Por ejemplo, el uso del papel, la invención de la imprenta y la brújula, junto con las posibilidades de navegación,

⁷⁴ Instituto Nacional de Tecnología e Ingeniería de Argentina. Historia de la ingeniería (en línea). P. 16. Consultado en mayo 12 de 2014, disponible en: http://www.inti.gov.ar/cirsoc/pdf/historia_ingenieria/historia.pdf

⁷⁵ Valencia, Asdrúbal. La magia y el arte de la ingeniería. En: Revista Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia No. 14 Agosto de 1997. P. 4. Consultado en junio 15 de 2014. Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/29699724/La-Historia-de-La-ingenieria>

contribuyeron a la dispersión del conocimiento. Aunque el cristianismo generó la época del “oscurantismo” que limitó muchos desarrollos, también aportó a la ingeniería con la construcción de las catedrales góticas. En igual sentido, el Islam aporta las construcciones y mezquitas de los moros. En el desarrollo de esas edificaciones religiosas y otras obras civiles, los ingenieros medievales elevaron la técnica de la construcción, en la forma de arco gótico y los arbotantes, hasta alturas a las que nunca se había llegado”.⁷⁶

Vías, puentes, canales, túneles, diques, puertos, muelles y máquinas se construyeron en la Edad Media con un conocimiento que todavía pasma en la actualidad. “El libro de bosquejos del ingeniero francés Villard de Honnecourt revela un amplio conocimiento de las matemáticas, la geometría, las ciencias naturales y la artesanía. De esos tiempos data una máquina tan maravillosa como el reloj mecánico, que iría a influir tan marcadamente en la civilización moderna. En Asia la ingeniería también avanzó con complejas técnicas de construcción, hidráulica y metalurgia, que ayudaron a crear civilizaciones como la del imperio Mongol, cuyas grandes y bellas ciudades impresionaron a Marco Polo en el siglo XIII”.⁷⁷

En conclusión la edad Media nos ha dejado un gran aporte a la ingeniería de la actualidad

2.3 EDAD MODERNA Y CONTEMPORÁNEA

La revolución industrial fue el hito que marco la nueva era en ingeniería que a continuación se describe.

⁷⁶ Ibid., p. 4.

⁷⁷ Valencia, Asdrúbal. La magia y el arte de la ingeniería. En: Revista Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia No. 14 Agosto de 1997. P. 5. Consultado en junio 15 de 2014. Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/29699724/La-Historia-de-La-ingenieria>

“En el contexto del inicio de la Revolución industrial, a James Watt, junto con Newcomen y Savery, se les da crédito como originadores de la máquina movida por la fuerza motriz vapor. Otro descubrimiento tecnológico que favoreció la expansión de la mencionada revolución fue el método, descubierto por Henry Cort, para refinar el hierro. Con estas dos tecnologías se genera el desarrollo de las máquinas para múltiples aplicaciones como en las textileras, los barcos a vapor, los ferrocarriles, etc. Estas aplicaciones, junto con la articulación de ciencia y tecnología, el desarrollo de la enseñanza de la ingeniería, y el avance de la actividad industrial fueron la base para las transformaciones que generó todas las consecuencias de la Revolución Industrial”.⁷⁸

Tres desarrollos de la ingeniería del siglo XIX cambiaron las formas de vida humana y alteraron la evolución de la historia. “El primero fue la expansión de la revolución industrial, el segundo el surgimiento de la ingeniería civil como una profesión, que incluyó la conciencia de la necesidad de la educación científica y técnica como prerrequisito para la práctica ingenieril. El tercer desarrollo, y el más importante, correlacionado con el segundo, fue la introducción de un nuevo método para el logro del avance ingenieril: el método de la ciencia aplicada. Un ejemplo de método anterior fue el desarrollo de la ingeniería eléctrica, lo cual unido a la popularización del motor de combustión interna, y a la química, originaron otra revolución industrial a principios del siglo XX. A partir de entonces emergió una gran cantidad de invenciones que estaban destinadas a tener un efecto de largo alcance en nuestra civilización”.⁷⁹

“Una de las principales entre tales invenciones fue el automóvil, que empezó a usarse extensivamente al hacerse disponibles mejores carreteras. Las invenciones

⁷⁸ Ibid., p. 6.

⁷⁹ Valencia, Asdrúbal. La magia y el arte de la ingeniería. En: Revista Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia No. 14 Agosto de 1997. P. 5. Consultado en junio 15 de 2014. Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/29699724/La-Historia-de-La-ingenieria>

de aparatos eléctricos por Edison y del tubo electrónico por De Forest impulsaron el uso de sistemas de potencia y las comunicaciones. Además entró en escena más adelante el avión. Con todos estos avances, la vida de los países iba transformándose, por lo que se requirió a la par las obras civiles o de infraestructura para soportar los flujos comerciales e industriales, los desarrollos urbanos y agrícolas, y el mejoramiento de las condiciones de vida en temas como el sanitario y de otros servicios públicos. Así se presenta el desarrollo de la ingeniería en todas sus especialidades: civil y sus ramas, construcción, transporte, marítima e hidráulica, potencia y sanitaria; mecánica y sus ramas, de maquinaria, de armas, automotriz, de producción, naval, etc.; industrial; química y sus ramas; eléctrica y electrónica, con sus ramas de control, comunicaciones, potencia y microelectrónica; de petróleos; aeroespacial; de materiales; nuclear; bioingeniería; de sistemas y toda una serie de especialidades que no es posible mencionar aquí”.⁸⁰

En estos aspectos históricos de la ingeniería se percibe que tanto las necesidades prácticas como los sueños del hombre, son los que lo han llevado a la situación actual del mundo, generando soluciones de diverso orden para muchos de sus problemas, principalmente con la búsqueda del dominio de la naturaleza y creando sobre las creaciones y experiencias pasadas que obran como conocimiento acumulado. Esta es una dinámica que nunca acaba, pues cada situación evolutiva trae sus propios problemas por resolver, por ello hoy se sueña:

“Con el control de la población, con un gobierno mundial, con fuentes permanentes de energía, con el control del clima, con los robots, con los computadores y la educación con ellos, con la transferencia instantánea de masas a distancia, con la aldea global, con la reproducción asexual, con los seres humanos biónicos (cyborgs), con la ingeniería genética, con el control de la evolución, con la inmortalidad, con la telepatía, con la

⁸⁰ Ibid., p. 6.

comunicación entre especies, con la explotación del espacio próximo, con las colonias espaciales, con los vuelos en campos de baja gravitación, con los viajes interplanetarios, con la creación de nuevas tierras, con el control de la gravitación, con la comunicación interestelar, con los viajes interestelares, con los agujeros negros, con los imperios galácticos, con los viajes a través del tiempo, con los cambios alternativos a través del tiempo, sueños todos estos que tienen un elevado contenido tecnológico, vale decir ingenieril”.⁸¹

Se puede decir que en la antigüedad se actuaba instintivamente, por supervivencia o por creencias religiosas como por ejemplo para cazar, para la obtención de un refugio un hogar o ya sea por necesidad ha medida que ha transcurrido el mundo el hombre se las ha ingeniado para crear los inventos y solucionar los tipos de problemas que se le han presentado ya sean de ingeniería o de otro tipo como se pudo observar en el capítulo anterior, con la modernidad se instala el ideal de progreso, en donde éste se cimenta en la ciencia y la tecnología, como bases para hacer un mundo mejor al servicio del hombre. Aun así, como se señalaba, cada época trae sus problemas por resolver, con cada desarrollo las miras se dirigen a otros ideales de progreso, en donde la ingeniería debe estar presente como protagonista de las transformaciones que se presentan.

⁸¹ Valencia, Asdrúbal. La magia y el arte de la ingeniería. En: Revista Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia No. 14 Agosto de 1997. P. 5. Consultado en junio 15 de 2014. Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/29699724/La-Historia-de-La-ingenieria>

3. LA INGENIERÍA CIVIL EN COLOMBIA

3.1 HISTORIA

La utilización de conocimientos técnicos fue necesaria para las construcciones y la explotación minera, tanto por parte de los aborígenes como de los conquistadores españoles. “De hecho, los caminos contruidos por los indígenas que fueron base para muchos caminos de herradura y vías posteriores, requirieron aplicaciones tecnológicas básicas, lo que ocurrió también con el manejo de los metales por parte de nuestros aborígenes, como se manifiesta en el desarrollo de su gran exhibición en labores de orfebrería”.⁸²

“Sin embargo, en los términos como se conoce actualmente, desde mediados del siglo XIX nació la ingeniería colombiana en las aulas del Colegio Militar, creada a nivel educativo por iniciativa del general Tomás Cipriano de Mosquera para formar los oficiales del Estado Mayor y los ingenieros civiles, a la manera de los institutos franceses de la era napoleónica”.⁸³ En realidad fue durante la década de 1.850 cuando comenzó a formarse entre las clases cultas de Bogotá y Medellín un concepto claro sobre la profesión de la ingeniería como una actividad permanente y de importancia para la elite social e intelectual del país. “En grado muy alto ello fue el resultado de las labores del Colegio Militar, de la prédica de don Lino de Pombo, de la iniciación de la Comisión

⁸² Valencia, Darío. Historia de la Ingeniería. Medellín, Universidad de Colombia. 2009. P.14. Consultado en junio 10 de 2014, disponible en: <http://www.valenciad.com/Conferencias/HistIngen.pdf>

⁸³ Valencia, Darío. Historia de la Ingeniería. Medellín, Universidad de Colombia. 2009. P.14. Consultado en junio 10 de 2014, disponible en: <http://www.valenciad.com/Conferencias/HistIngen.pdf>

Corográfica y de la apertura de obras públicas por los presidentes Tomas Cipriano de Mosquera y José Hilario López”.⁸⁴

“Es así como se llega a la construcción del primer sistema de ferrocarril, menos de veinte años después de su iniciación en Europa, cuando se realiza el cruce del canal de Panamá, con la intervención de un concesionario extranjero. A partir de entonces, los graduados del Colegio Militar en concomitancia con los mandatarios regionales inician la promoción de líneas férreas, especialmente con el objetivo de mejorar el transporte del país a través de los enlaces con los puertos marítimos y el río Magdalena. Fue así como se empezó a vislumbrar la salida para interconectar el territorio colombiano, cercado por sus cordilleras. Y es por ello que los ferrocarriles del país se concibieron con trocha angosta, fuertes pendientes y estrechas curvaturas, acordes con el relieve. En ese esfuerzo precursor sobre salió el nombre del cubano Francisco Javier Cisneros, quien se constituyó como un pionero de esos proyectos, hitos fundamentales de la ingeniería colombiana”.⁸⁵

Además la guerra de los mil días, con que se abrió el siglo XX, paralizó el progreso nacional. “Sin embargo, en los años posteriores el presidente Rafael Reyes continuó el desarrollo ferroviario e inició la era de las carreteras, cuando ya empezaba a generalizarse la utilización del automóvil. Con esta serie de obras, la ingeniería colombiana recobró sus impulsos iniciales y los proyectó por cerca de tres décadas, avanzando en las obras de infraestructura vial, incluyendo todos los desarrollos tecnológicos que implicaban la iniciación de los pavimentos y la instalación de grandes puentes metálicos, que posteriormente, se abordarían mediante las estructuras de hormigón armado”.⁸⁶

⁸⁴ Poveda, Gabriel. Ingeniería e historia de las técnicas. Colección Historia Social de la Ciencia en Colombia, Tomos IV. Bogotá, Colciencias.1993. p.39

⁸⁵ Sanclemente. Carlos. La ingeniería del siglo XX en Colombia (en línea). Consultado en junio 10 de 2014, disponible en: <http://www.banrepcultural.org/node/32378>

⁸⁶ Ibid., p. 1

Así mismo, la economía nacional se transformó en el siglo XX, con desarrollos en los sectores minero e industrial, que requirieron la participación activa de los ingenieros colombianos. Igualmente, esa participación se hace fundamental en la construcción y mantenimiento de su infraestructura de transporte, servicios públicos y telecomunicaciones. “En transporte el mayor esfuerzo se centró en la construcción y operación de los ferrocarriles. Hacia finales del siglo XIX ya se contaba con más de 600 kilómetros en servicio. En 1914 ese kilometraje se había duplicado gracias, en gran parte, a la prioridad que le asignó a esa actividad el presidente Rafael Reyes”.⁸⁷

“Paralelamente, desde la década de los años veinte se promovió la rectificación del río Magdalena y la apertura de las Bocas de Ceniza para realizar el puerto de Barranquilla, que complementara las facilidades de Cartagena, Santa Marta y Buenaventura, simultáneamente expedidas para habilitar el desarrollo del comercio internacional. Por esa misma época se inició el transporte aéreo, en que Colombia figuró como pionera de América. Este proceso de la ingeniería de obras públicas inició su diversificación en la década de los años cuarenta con las primeras centrales hidroeléctricas, construidas en los saltos de Guadalupe y Tequendama, además de las obras sanitarias de las ciudades principales y las irrigaciones en los llanos del Tolima. Entonces penetró la técnica extranjera y se produjo la especialización profesional de los ingenieros colombianos”.⁸⁸

Igualmente, el presidente Pedro Nel Ospina, a comienzos de los años veinte impulsa de nuevo la expansión ferroviaria, con lo que logró duplicar la extensión de las vías férreas. “Esta orientación fue continuada por los siguientes

⁸⁷ Poveda, Gabriel. La ingeniería en Colombia. En: Revista Digital Lámpsakos, No. 1, p. 40. Consultado en junio 16 de 2014, disponible en:

<http://www.funlam.edu.co/revistas/index.php/lampsakos/article/view/752/721>

⁸⁸ Sanclemente. Carlos. La ingeniería del siglo XX en Colombia (en línea). Consultado en junio 10 de 2014, disponible en: <http://www.banrepcultural.org/node/32378>

gobiernos, de manera que en 1.934 ya se contaba con 3.262 kilómetros en esta modalidad de vías de transporte. Posteriormente, se concluye esa tendencia y, por contrario, empieza una fase de declive que implica el desmantelamiento de las vías, llevando a que los ferrocarriles desaparecieran prácticamente como medio de transporte público de pasajeros y de carga en los años setenta”.⁸⁹

También cabe anotar que el sector industrial fue un gran beneficiado de labor de los ingenieros, quienes a lo largo del siglo XX participaron en todo tipo de proyectos para la instalación de maquinaria, el montaje de motores eléctricos, el diseño de fábricas y el acondicionamiento y reconstrucción de equipos, entre otras tareas técnicas. “El proceso de industrialización, posterior al primer cuarto de siglo, auspicia nuevos espacios para la participación de los ingenieros en industrias como la textil, las trilladoras, las fundiciones, los ingenios azucareros, las de drogas y cosméticos, el vidrio, la madera, la cervecería, los curtidos, los licores y gaseosas, los alimentos y la fabricación de cemento”.⁹⁰

“La crisis financiera de 1.929 – 1.932 afecta al país; sin embargo pocos años después se entra en una nueva fase de crecimiento industrial en diversos sectores como el de alimentos, las grasas industriales, los materiales de construcción, los artículos de caucho, el metalmecánico, la siderurgia, la maquinaria agrícola y los existentes antes de la crisis. En los años cuarenta se acentúa este proceso expansivo, por lo que son más necesarios que nunca antes los conocimientos de los ingenieros, en todos los frentes del desarrollo económico y social, aumentándose la demanda de estos profesionales”.⁹¹

⁸⁹ Poveda, Gabriel. La ingeniería en Colombia. En: Revista Digital Lámpsakos, No. 1, p. 40. Consultado en junio 16 de 2014, disponible en:

<http://www.funlam.edu.co/revistas/index.php/lampsakos/article/view/752/721>

⁹⁰ Ibid., p. 41.

⁹¹ Ibid., p. 41.

“También se penetraron las técnicas modernas de construcción de vías, al promoverse el ferrocarril del Atlántico para la articulación de la red y modernizarse las especificaciones de las carreteras por la misión Currie, que a mediados de 1950 evaluó y programó el desarrollo de la infraestructura nacional. Ese informe impulsó la ayuda financiera del Banco Mundial, iniciada en 1951, y la del Banco Interamericano de Desarrollo, que comenzó diez años después. La cooperación de estos organismos se ha mantenido creciente durante el resto del siglo y ya registra un monto global de unos US\$ 8.000 millones, preferencialmente aplicados a la energía eléctrica, las vías y las obras sanitarias. Entre tanto, el marco institucional ha tenido considerables transformaciones, desde la creación del Ministerio de Obras Públicas en 1905, que inicialmente concentrara todas las actividades de la ingeniería. Pero en la medida en que se diversificaba se fueron creando nuevos organismos para desarrollar los servicios que habían cobrado importancia. Así fueron creciendo el aparato estatal y las obligaciones presupuestales, no sólo para realizar las obras, sino también para subsidiar a las entidades deficitarias”.⁹²

“En lo referente a las telecomunicaciones, éstas han tenido todo un proceso histórico de evolución particular, iniciando en 1.865, cuando en el gobierno de Manuel Murillo Toro se instaló el servicio telegráfico en Colombia. Dos décadas después, con la invención del teléfono, esta innovación llega al país, y se empiezan a instalar las primeras líneas telefónicas en Bogotá. En 1.913 se inició la radiotelegrafía (telegrafía sin hilos), que pronto instaló estaciones en decenas de ciudades del país, y en 1923 se instaló en Bogotá la primera estación de este tipo, de carácter internacional”.⁹³

⁹² Sanclemente, Carlos. La ingeniería del siglo XX en Colombia (en línea). Consultado en junio 10 de 2014, disponible en: <http://www.banrepcultural.org/node/32378>

⁹³ Poveda, Gabriel. La ingeniería en Colombia. En: Revista Digital Lámpsakos, No. 1, p. 41. Consultado en junio 16 de 2014, disponible en: <http://www.funlam.edu.co/revistas/index.php/lampsakos/article/view/752/721>

“En 1943 son nacionalizadas las radiocomunicaciones, y en 1945 se funda la Empresa Nacional de Radiocomunicaciones, ampliando a diversas regiones sus servicios. En 1950 se crea la Empresa Nacional de Telecomunicaciones, TELECOM, la cual subsiste hasta finales de la década de los noventa cuando con la internacional de la economía se abren las telecomunicaciones a la competencia con el sector privado, requiriendo un rediseño de sus servicios, su rol y su labor en el mercado nacional”.⁹⁴

“Otro aspecto a destacar es que en 1954 se inicia la construcción de la mayor empresa del país en ese momento, que fue Acerías Paz del Río, en cargada de los principales procesos siderúrgicos para apoyar los procesos de la industria y la infraestructura nacional. Más adelante, en 1961 se inicia el ensamblaje de vehículos. La diversificación y expansión que se presenta en la industria colombiana desde comienzos de los años cincuenta, con la política económica de sustitución de importaciones, tiene entre sus consecuencias la ampliación del campo de trabajo de los ingenieros. En esa fase de la economía nacional se presentan con los primeros préstamos del Banco Mundial que generan mayores oportunidades en la construcción y pavimentación de carreteras, así como en otras obras civiles, lo cual incide en la creación de firmas de ingeniería de consulta y construcción de este tipo de obras”.⁹⁵

Al hacer este breve recuento no puede olvidarse la contribución exitosa del medio universitario, “iniciada en las postrimerías del siglo pasado con la creación de las Facultades de Ingeniería de Bogotá, Medellín y Popayán, que han sido diversificadas y complementadas con más de un centenar de institutos especializados. Tampoco puede olvidarse a la Sociedad

⁹⁴ Poveda, Gabriel. La ingeniería en Colombia. En: Revista Digital Lámpsakos, No. 1, p. 41. Consultado en junio 16 de 2014, disponible en:

<http://www.funlam.edu.co/revistas/index.php/lampsakos/article/view/752/721>

⁹⁵ Ibid., p. 42.

Colombiana de Ingenieros, que desde principios del siglo actúa como órgano consultivo del gobierno y como veedor de la reglamentación profesional”.⁹⁶

Además los hechos relativos a la evolución histórica de la ingeniería en Colombia requieren puntualizar los nombres de los principales protagonistas y ejecutores, a quienes el desarrollo nacional debe mucho. Entre ellos se deben destacar los siguientes: “Francisco José de Caldas como investigador y astrónomo, Lino de Pombo como pionero de los estadistas, Juan N. González Vásquez como realizador de ferrocarriles, Germán Uribe Hoyos como promotor de las carreteras, Carlos Boshell Manrique como iniciador del desarrollo eléctrico moderno, Julio Carrizosa Valenzuela como educador emérito y Carlos Sanz de Santamaría como estadista de proyección internacional. Los tres primeros nombres surgen del pasado y los cuatro últimos se ubican en el siglo XX como sus dignos sucesores”.⁹⁷

3.2 LA SOCIEDAD COLOMBIANA DE INGENIERÍA

En 1873 se crea la primera agremiación de ingenieros del país, cuando con la iniciativa de los ingenieros Manuel H. Peña, Manuel Ponce de León, Abelardo Ramos y Ruperto Ferreira, se fundó la Sociedad de Ingenieros de Colombia. Su primer presidente fue Manuel Ponce de León, con la vicepresidencia de Indalecio Liévano y la Secretaría de Ruperto Ferreira. Esta iniciativa no prosperó, pero en 1887 se intenta revivir la agremiación por parte de los ingenieros Abelardo Ramos, Diódoro Sánchez, Andrés Arroyo y Miguel Triana. “El día 24 de dicho mes dirigieron una circular a los colegas residentes en Bogotá invitándolos a reunirse el

⁹⁶ Sanclemente. Carlos. La ingeniería del siglo XX en Colombia (en línea). Consultado en junio 10 de 2014, disponible en: <http://www.banrepcultural.org/node/32378>

⁹⁷ Ibid., p. 1

domingo 29 en la casa número 700 ubicada en carrera Séptima para tratar asuntos de ingeniería".⁹⁸

“Como resultado de esta reunión, luego de oír la exposición de Abelardo Ramos, se declaró fundada la "Sociedad Colombiana de Ingenieros" y fueron elegidos Presidente y Secretario respectivamente los Ingenieros Ramos y Sánchez. Se nombró una comisión para redactar los estatutos, la cual cumplió sus objetivos, siendo aprobados en la sesión del 12 de junio siguiente. La Sociedad funcionó en la oficina de Diódoro Sánchez, en el mismo sitio en que fue fundada, hasta en 12 de marzo de 1893. Aprobados los estatutos, se integró la primera junta Directiva o Junta Central, como se llamó entonces, con Nepomuceno Santamaría como Vicepresidente, Fidel Pombo como Tesorero – Agente y Manuel Ponce de León, Lorenzo Codazzi y Rafael Espinosa, como delegatarios. Pocos días después de fundada se discutían problemas como el trazado del ferrocarril de Bogotá al Río Magdalena, la organización de la Escuela de Ingeniería de la Universidad Nacional, el Código de Minas y poco después, en 1894, era consultada oficialmente por la Cámara de Representantes en relación con un proyecto de Ley que debía fijar el ancho de las paralelas de las vías férreas colombianas. La manera como la Sociedad absolvió esta y otras consultas, le mereció un justo elogio en el informe que presentó al Congreso Nacional el Ministerio de Fomento, al cual estaban adscritas las obras públicas”.⁹⁹

Su función de órgano consultivo del gobierno se acentuó paulatinamente. El gobierno nacional, presidido por el Vicepresidente encargado Miguel Antonio Caro, expidió el decreto 336 del 4 de enero de 1893 "sobre inspección de ferrocarriles", incluyendo allí el reconocimiento de la Sociedad como cuerpo consultivo. En

⁹⁸ S.C.I. Historia (en línea). Consultado en junio 9 de 2014, disponible en: <http://www.sci.org.co/Quienes-somos/Historia.aspx>

⁹⁹ Ibid., p. 2

coherencia con estos aspectos el gobierno le concedía una subvención anual y el "uso gratuito de un local público adecuado para que en él conserven los archivos, biblioteca y museo de la sociedad. En desarrollo de este decreto el Gobierno le suministró un local en el mismo edificio de la Escuela de Ingeniería de la Universidad Nacional, actualmente ocupado por la Academia Colombiana de Historia, en el cual funcionó a partir del 12 de marzo de 1893".¹⁰⁰

"En 1895, se dio el reconocimiento de la Personería Jurídica por parte del Gobierno, como consta en la resolución de 8 de mayo de 1896. Entre los principales actos realizados por la Sociedad a fines de siglo XIX vale la pena citar el proyecto de ley sobre levantamiento de la Carta Geográfica de la República, que dio origen a la Oficina de Longitudes, así como la revisión de sus estatutos, llevada a cabo en 1896, separándolos del reglamento, dándoles así la misma forma que hasta ahora han mantenido. También se destaca su colaboración para llevar a la práctica el laudo dictado por la Reina Regente de España sobre la línea limítrofe con Venezuela".¹⁰¹

"Finalizada la Guerra de los mil días, el Gobierno prohibió toda clase de sesiones. El Gobierno obliga a desalojar el local ocupado por la Sociedad, con lo que ésta debe cambiar frecuentemente de local, al no contar con el apoyo gubernamental. En 1904 el ingeniero Sotero Peñuela presentó al Congreso un proyecto de ley que luego se convirtió en la Ley 46 de dicho año, en donde se reconoce a la Sociedad como centro consultivo del Gobierno y ordena a éste suministrarle un local. El gobierno da cumplimiento de esta Ley, escriturando a la Sociedad la casa situada en la esquina nordeste de la Calle 5ª con Cra 8ª, cuya propiedad aún conserva la corporación. En esos primeros años del siglo XX, la Sociedad se ocupó de

¹⁰⁰ Ibid., p. 2

¹⁰¹ Ibid., p. 3

asuntos importantes como, el Reglamento General de los Ferrocarriles y la organización de la sección 5ª del Ministerio de Obras Públicas”.¹⁰²

“Con la Ley 46 de 1904 también se define a la Sociedad Colombiana de Ingenieros como una corporación sin ánimo de lucro, de carácter académico, científico y gremial, y se establece su misión encaminada al mejoramiento de la calidad de vida y el bienestar de la humanidad mediante el avance de las ciencias y de la ingeniería. Los objetivos que cumple hoy en día son:

- Colaborar activamente en los programas de las entidades afines que a nivel mundial y latinoamericano realicen actividades en áreas relacionadas con la ingeniería.
- Fomentar la investigación y el desarrollo de la ingeniería en todas sus especialidades y su interrelación con otras profesiones.
- Propender por la defensa y el mejoramiento de la profesión y por la dignificación del ingeniero.
- Proteger y mejorar el medio ambiente.
- Velar por el estricto cumplimiento de la ética profesional y difundir sus normas.
- Asesorar a las entidades que así lo requieran”.¹⁰³

3.3 EVOLUCIÓN DE LA INGENIERÍA CIVIL EN LA ACADEMIA

“En 1646 Colbert J. B. desarrolla un cuerpo de ingenieros franceses de carácter militar, pero es la *Ecole des Pontses Chausées* (Escuela de puentes y pavimentos), creada en Francia en 1792, la primera escuela de ingeniería que registra la historia. La Escuela de Puentes se basó en estudios científicos, para la

¹⁰² S.C.I. Historia (en línea). Consultado en junio 9 de 2014, disponible en: <http://www.sci.org.co/Quienes-somos/Historia.aspx>

¹⁰³ Ibid., p. 4

formación de los primeros ingenieros civiles mecánicos, los cuales tenían las competencias para emprender la construcción de todo tipo de puentes y carreteras. Varios de los 21 puentes con que cuenta el río Sena fueron construidos por ingenieros graduados en esta institución. Sin embargo, se considera que la influencia de ésta va más allá de Francia, incidiendo de forma importante en el desarrollo de la ingeniería civil en el mundo entero. Uno de los hechos notables de la Escuela de Puentes, es que muchos de sus graduados se vincularon a empresas privadas, en donde los dueños vieron los beneficios de contar con personal capacitado científicamente para resolver los problemas que se presentaban en sus incipientes procesos de producción. Esta demanda creó el espacio para que el Estado se viera estimulado a la creación de otras escuelas similares”.¹⁰⁴

Además con las transformaciones del sector productivo que generó la primera Revolución Industrial en Inglaterra, vienen las industrias, negocios y obras asociados a los barcos, trenes y minas, en donde se precisa la presencia y el trabajo de muchos ingenieros, incluyendo los Ingenieros civiles. “Estos se ocuparon principalmente de gran parte de la construcción de las vías, caminos, puentes, y fábricas. Lo propio ocurre con la segunda revolución de los Estados Unidos, en donde en definitiva se genera la necesidad fundamental de contar con los ingenieros civiles, y por supuesto, se auspicia la generación de escuelas formadoras de estos profesionales, hasta la actualidad”.¹⁰⁵

“En Colombia, la ingeniería civil apareció con la Comisión Corográfica, cuando su enseñanza y ejercicio se presentan como un requisito interno para poder aplicar la tecnología mundial que se importaba. Posteriormente, se consolidó con procesos como el de construcción de ferrocarriles durante el último tercio

¹⁰⁴ Departamento de ingeniería civil (en línea). Consultado en junio 2 de 2014, disponible en: http://es.wikiversity.org/wiki/Departamento_de_Ingenier%C3%ADa_Civil

¹⁰⁵ Ibid., p. 1

del siglo XIX. Sin embargo, vale señalar que la primera escuela de ingeniería en Colombia se inicia en Antioquia, en donde funcionó en la época de la independencia el Colegio Franciscano y que posteriormente daría lugar al Colegio Académico. Allí, en la primera mitad del siglo XIX se impartieron conocimientos de ingeniería militar”.¹⁰⁶

“A los ingenieros que se formaron en ese espacio se adicionaron ingenieros extranjeros que favorecieron que en 1856, el Colegio Académico se propusiera crear una escuela de ingeniería. Ya en 1857 allí se podía expedir el título de ingeniero civil, aunque no se contaba con los estudios formales. Para este cometido se nombró un consejo de profesores que examinarían a quienes aspirasen al título. Con base en el colegio, Pedro J. Berrío creó la que hoy se conoce como la Universidad de Antioquia en 1871, aunque en ese tiempo recibió en nombre de Escuela de Minería. Una de sus facultades fue la de ingeniería, abierta el 10 de enero de 1872, con 14 estudiantes; en 1874 se hizo efectiva la creación de la Facultad y en 1875 sus alumnos realizaron un mapa topográfico de Medellín. En 1887 la Nación asumió el manejo de la institución, llamándola Escuela Nacional de Minas”.¹⁰⁷

En los años posteriores otros procesos de incorporación de tecnología fueron afirmando la ingeniería y abriéndole nuevos campos de ejercicio. “Esto ocurre en campos como el desarrollo de la navegación fluvial a vapor, la electrificación de las ciudades, la industrialización, las radiocomunicaciones y la radiodifusión, la difusión de los automotores, el desarrollo del petróleo, y las obras públicas”.¹⁰⁸

¹⁰⁶ Poveda, Gabriel. La ingeniería en Colombia. En: Revista Digital Lámpsakos, No. 1, p. 41. Consultado en junio 16 de 2014, disponible en:

<http://www.funlam.edu.co/revistas/index.php/lampsakos/article/view/752/721>

¹⁰⁷ Gaviria, Álvaro. Evolución histórica de la Universidad de Antioquia. (en línea). Consultado en junio 2 de 2014, disponible en: <http://ingenieria.udea.edu.co/historia.html>

¹⁰⁸ Poveda, Gabriel. La ingeniería en Colombia. En: Revista Digital Lámpsakos, No. 1, p. 41. Consultado en junio 16 de 2014, disponible en: <http://www.funlam.edu.co/revistas/index.php/lampsakos/article/view/752/721>

La ingeniería como enseñanza y como ejercicio se ha expandido en nuestro país al mismo ritmo en que hemos absorbido la tecnología moderna que viene de los grandes centros productores del resto del mundo: “primero de Europa, después de los Estados Unidos y actualmente también del Japón. De contar con sólo dos facultades de ingeniería civil al comenzar el siglo XX, pasamos en 1.950 a tener 20 facultades con varias especialidades, y hoy tenemos el número absurdo de más de 130 escuelas y facultades de ingeniería con 30 o más denominaciones (1.993). Paralelamente, de unos cien ingenieros que había a comienzos del siglo XX pasamos a unos mil a mediados de esta centuria y a más de 20.000 a finales del mismo”.¹⁰⁹

La ingeniería civil ha crecido de una manera gradual pero acelerada, como ha ocurrido en muchos otros aspectos del país, particularmente desde mediados del siglo XX hasta hoy. “En ese crecimiento (las cifras se tratan en el capítulo cuarto) ha influido el hecho de que la enseñanza de la ingeniería en todas sus ramas y especialidades se ha afanado por atender una creciente demanda cuantitativa y cualitativa de ingenieros”.¹¹⁰

3.4 MARCO LEGAL DE LA INGENIERÍA CIVIL EN COLOMBIA

“En 1937 se expidió la Ley 94, reglamentaria del Ejercicio de la Ingeniería y dentro de la cual se establece que la Matrícula o Inscripción Profesional, debía realizarse, como hoy, ante el Consejo Profesional Nacional de Ingeniería, creado mediante esta Ley y cuya composición esencial básicamente se conserva hasta la fecha, a excepción del representante de las Universidades Privadas que tienen facultad de

¹⁰⁹ Poveda, Gabriel. La ingeniería en Colombia. En: Revista Digital Lámpsakos, No. 1, p. 41. Consultado en junio 16 de 2014, disponible en:

<http://www.funlam.edu.co/revistas/index.php/lampsakos/article/view/752/721>

¹¹⁰ Ibid., p. 41.

Ingeniería, el cual a partir de la Ley 435 de 1998 es elegido en Junta de Decanos convocada por el presidente del COPNIA, para un período de 2 años”.¹¹¹

“En dicha Ley entonces, también por primera vez en Colombia, se establece la obligación de presentar planos y cálculos estructurales acompañando las solicitudes de construcción para edificios que fueran a ser habitados permanentemente por un crecido número de personas y la necesidad de abonar las propuestas para contratos de Construcción de obras públicas nacionales, Departamentales y Municipales de determinada cuantía, por parte de ingeniero matriculado especialista en el ramo. Norma que se mantiene en la actualidad sin término de cuantía. El Decreto 1782 de 1954 repite sobre la reglamentación de la ingeniería y la arquitectura y es adoptado como legislación permanente mediante la Ley 141 de 1961. Posteriormente es expedida la Ley 64 de 1978, por la cual se reglamenta la ingeniería, la arquitectura y sus profesiones auxiliares”.¹¹²

“Con la Ley 842 de 2003 se reglamentó el Consejo Profesional Nacional de Ingeniería-COPNIA, entidad pública que tiene como función principal la de inspeccionar y vigilar el ejercicio de la ingeniería, de sus profesiones afines y de sus profesiones auxiliares en el territorio nacional. Según el artículo 26 de la Ley 842 de 2003, entre las funciones del COPNIA se encuentran las siguientes:

- Confirmar, aclarar, derogar o revocar las resoluciones de aprobación o denegación de expedición de Matrículas Profesionales, de Certificados de Inscripción Profesional y de Certificados de Matrícula Profesional, a los profesionales de la ingeniería, de sus profesiones afines y de sus profesiones auxiliares, respectivamente, expedidas por los Consejos Seccionales o Regionales;

¹¹¹ Bátaman, Jaime. La reglamentación profesional de la ingeniería en Colombia. P.2. Consultado en junio 10 de 2014, disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/acodal42/profesional.pdf>

¹¹² Ibid., p. 2

- Expedir las Tarjetas de Matrícula, de Certificados de Inscripción Profesional y de Certificado de Matrícula a los ingenieros, profesionales afines y profesionales auxiliares de la ingeniería, respectivamente;
- Resolver en única instancia sobre la expedición o cancelación de los permisos temporales;
- Denunciar ante las autoridades competentes las violaciones al ejercicio legal de la ingeniería, de sus profesiones afines y de sus profesiones auxiliares;
- Denunciar ante las autoridades competentes los delitos y contravenciones de que tenga conocimiento con ocasión de sus funciones;
- Resolver en segunda instancia, los recursos que se interpongan contra las determinaciones que pongan fin a las actuaciones de primera instancia de los Consejos Seccionales o Regionales;
- Implementar y mantener, dentro de las técnicas de la informática y la tecnología moderna, el registro profesional de ingeniería correspondiente a los profesionales de la ingeniería, de sus profesiones afines y de sus profesiones auxiliares;
- Emitir conceptos y responder consultas sobre aspectos relacionados con el ejercicio de la ingeniería, sus profesiones afines y sus profesiones auxiliares, cuando así se le solicite para cualquier efecto legal o profesional;
- Servir de cuerpo consultivo oficial del Gobierno, en todos los asuntos inherentes a la reglamentación de la ingeniería, de sus profesiones afines y de sus profesiones auxiliares”.¹¹³

Para ejercer la ingeniería en Colombia en cualquiera de sus modalidades se requiere tener la Matrícula Profesional, sin la cual dicho ejercicio es ilegal. “La Matrícula Profesional es la autorización que el Estado concede para el ejercicio legal de la ingeniería que, por implicar riesgo social y exigir formación académica,

¹¹³ Colombia. Congreso de la República. Ley 842 de 2003

no es de libre ejercicio en el país, y cuya obtención se puede probar, para todos los efectos legales, bien con base en la Tarjeta (plástico) de Matrícula Profesional, o con el Certificado de Vigencia y Antecedentes Disciplinarios (Artículo 6º, Ley 842 de 2003)”.¹¹⁴ Cabe anotar que la ley 842 de 2003 se ocupó de modificar la reglamentación del ejercicio de la ingeniería, de sus profesiones afines y de sus profesiones auxiliares; así mismo planteó la adopción del Código de Ética Profesional.

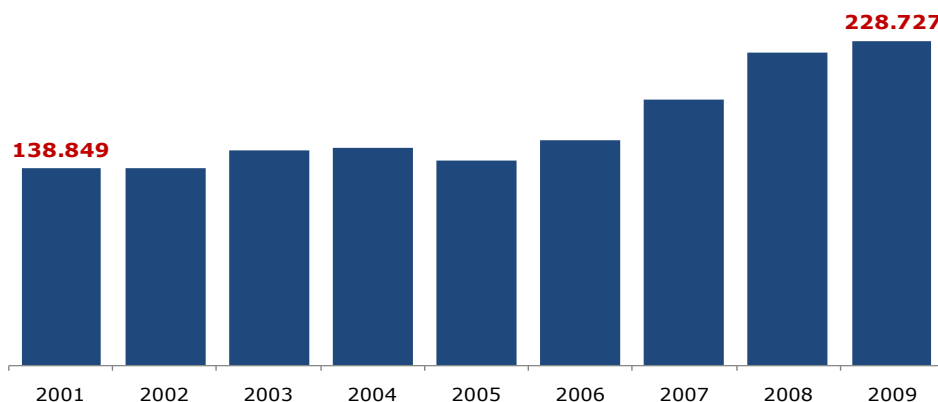
¹¹⁴ Herrera, Mario. Tarjeta profesional de Ingeniería. Consultado en junio 10 de 2014, disponible en: <http://www.copnia.gov.co/resources/uploaded/files/DISCIPLINARIO/CONCEPTOS/NAL-CE-2011-00838%20-%20%20Prueba%20del%20ejercicio%20legal%20tarjeta%20o%20certificado.pdf>

4. EVOLUCIÓN DEL ESCENARIO OCUPACIONAL DE LA INGENIERÍA CIVIL EN COLOMBIA

4.1 OFERTA DE GRADUADOS

Para hablar del escenario ocupacional conviene comenzar por aludir a la oferta de graduados de Ingeniería civil en los últimos años, con miras a analizar posteriormente el mercado laboral de esta profesión. En la grafica 1 se muestra el comportamiento que ha tenido la educación superior, en general, en cuanto a los graduados que se produjeron en la anterior década, en donde se puede apreciar que hubo un incremento cercano al 60% de los profesionales comparando el año 2001 con el 2009.

Gráfica 1. Total de graduados en educación superior entre 2001 y 2009

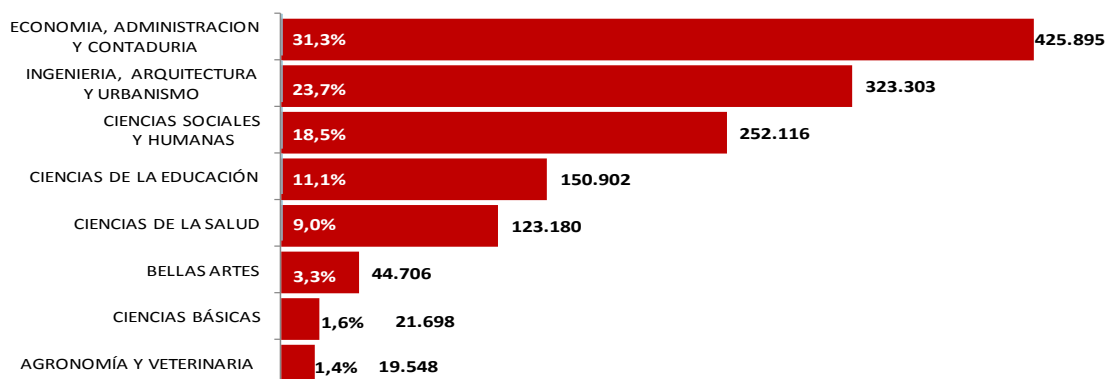


Fuente: “Observatorio Laboral para la Educación y SENA”¹¹⁵

¹¹⁵ Vélez White, Cecilia María. Resultados de las condiciones laborales de los graduados de la educación superior entre 2001 y 2009. Foro de seguimiento a graduados por sectores productivos. 2010. (en línea) Consultado en agosto 15 de 2014, disponible en: http://www.colombiaaprende.edu.co/html/directivos/1598/article-235705.html#h2_4

Dentro de este escenario global, sobresalieron algunas áreas del conocimiento más que otras, en cuanto a su aporte de graduados dentro del total, como se aprecia en la gráfica 2. El área correspondiente a la ingeniería ocupa el segundo lugar, con un 23,7% de los graduados en dicho periodo.

Gráfica 2. Las áreas del conocimiento más demandadas por los estudiantes



Fuente: Observatorio Laboral para la Educación y SENA

La Ingeniería civil y las profesiones afines, como se aprecia en el cuadro 1, han crecido a lo largo del periodo entre los años 2001 y 2012, en lo referente al número de graduados por año. Ellas completan en conjunto 32.730 graduados en ese lapso, y muestran una variación positiva del 38,4% entre los egresados de 2001 frente a los de 2012 (en los anexos A y B se muestra información de las universidades que ofrecen esta carrera).

Ahora, dentro del conjunto de la ingeniería con más graduados, la oferta de nuevos profesionales en Ingeniería civil se aprecia en el cuadro 2. Se puede observar que la Ingeniería civil, desde 2001 hasta 2012, siempre ha sido la tercera en mayor oferta de graduados detrás de las ingenierías industrial y de sistemas. Sin embargo, entrando en las cifras, se encuentra que el número de egresados varió así del 2001 al 2012: la Ingeniería electrónica, un 75,3%; la industrial, un 48,6%; la civil, un 27,4%; y la de sistemas, un 20,5%. Esto significa que el

crecimiento de la oferta de ingenieros civiles fue el tercero entre las mencionadas carreras, significativamente lejos de la ingeniería industrial y la de sistemas.

Cuadro 1. Graduados en Ingeniería Civil y carreras afines desde 2001 a 2012

FORMACION ACADEMICA PROGRAMA													
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	Total
CONSTRUCCIONES CIVILES	0	0	6	8	0	21	8	12	4	10	10	6	85
INGENIERIA CATASTRAL Y GEODESIA	56	91	85	107	100	123	80	149	98	67	78	46	1080
INGENIERIA CIVIL	2043	2238	2472	2911	2740	2800	2134	2194	2206	2255	2278	2603	28874
INGENIERIA DE TRANSPORTE Y VIAS	23	76	66	40	65	54	47	46	46	37	76	38	614
INGENIERIA GEOLOGICA	28	48	54	81	63	60	78	55	39	61	48	76	691
INGENIERIA TOPOGRAFICA	20	32	11	58	107	120	78	93	107	116	67	174	983
Total	2171	2485	2694	3222	3095	3245	2475	2602	2517	2617	2602	3005	32730

Fuente: Observatorio Laboral

Cuadro 2. Comparación de Graduados de Ingeniería Civil con otras Ingenierías

FORMACION ACADEMICA	
---------------------	--

PROGRAMA	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	Total
INGENIERIA CIVIL	2043	2238	2472	2911	2740	2800	2134	2194	2206	2255	2278	2603	28874
INGENIERÍA DE SISTEMAS	3797	3848	3879	3471	3766	3251	4938	4803	4458	4463	4464	4574	49712
INGENIERÍA ELECTRÓNICA	1232	1775	1743	1898	2185	1730	2422	2346	2657	2210	2160	2569	24927
INGENIERÍA INDUSTRIAL	3799	4120	4511	3940	3927	3320	4353	4244	4647	4678	4985	5645	52169

Fuente: Observatorio Laboral

Otro aspecto que se observa en el cuadro 2, es que las cuatro ingenierías se disminuyen sustancialmente en la cantidad de graduados, más o menos hacia 2006 y 2007. Esto se explica por la fuerte recesión que contrajo la economía nacional en 1999, y que implicó una disminución en los ingresos de los colombianos y en la inversión pública y privada de las empresas en nuevos proyectos. Sus efectos en las universidades se observan cinco a ocho años después, al cumplirse el ciclo de estudios de la carrera profesional.

También se puede apreciar en el cuadro 2, que la recuperación de la generación de ingenieros civiles, luego de la abrupta reducción explicada anteriormente, ha sido más lenta en ésta que en las demás ingenierías. Esto se observa de la siguiente manera. Primero, el descenso de la cantidad de graduados llevó a la ingeniería industrial y de sistemas a un nivel inferior al que tenían en 2001, mientras que la ingeniería civil no alcanzó dicho nivel. A pesar de ello, la recuperación fue sustancial para las otras ingenierías y no para la ingeniería civil. La Ingeniería industrial incrementó sus graduados del nivel de 2006 (año de su menor nivel en el periodo) al de 2012 en un 70%; la ingeniería de sistemas en 40,7%; la ingeniería electrónica en 48,5%; mientras que la ingeniería civil los aumentó en un 21,9% comparando el nivel del 2007 (su año más bajo) frente al 2012.

Se puede concluir que la ingeniería civil, aunque ha ido aumentando año a año la cantidad de graduados que ofrece al mercado laboral, no crece en proporción con otros programas de ingeniería, en lo referente al periodo de 2001 al 2012. Este dato a simple vista muestra la posibilidad de que no haya equilibrio entre la oferta de estos profesionales frente a la demanda; o sea, que pueda haber en la actualidad o en un futuro cercano un déficit frente a las necesidades del mercado. Esto se debe analizar teniendo en cuenta el desarrollo de los sectores relativos a la infraestructura en el país.

4.2 MERCADO LABORAL

“Al realizar un análisis particular del comportamiento laboral de los recién graduados (cuadro 3). Allí se observa que la tasa de cotizantes de los años 2001, 2007 y 2011, ha ido en aumento para los ingenieros civiles. Esto implica que la tasa de cotizantes, que es el porcentaje de los graduados que ingresa a los sectores formales de la economía, presento valores del 76,3% en el 2001, del 91,3% en el 2007 y de 94,4% en el 2011.

Estos datos son relevantes para mostrar que la tendencia es hacia el crecimiento dado que los graduados de ingeniería civil son absorbidos por las empresas. Pero además, la última medición disponible de este indicador, determinó que 2011, el comportamiento de esta variable se aproxima a 100%, con lo que esto manifiesta que la economía emplea a la casi totalidad de los ingenieros que van egresando de las facultades. Esto puede corroborar lo que señalaba anteriormente, en el sentido de que hay en la actualidad un escenario que puede mostrar una demanda superior a la oferta de estos profesionales.

Por otra parte, en el cuadro 4 se aprecia las carreras con mayor cantidad de graduados vinculados al sector formal de la economía en el año 2009, identificados porque cotizan a la seguridad social. La ingeniería civil – con un 82,9% -, ocupó el segundo lugar, sólo por debajo de la carrera de medicina. Además, supera notablemente el promedio general de los graduados de todas las carreras, que es del 75,9%.¹¹⁶ Estos datos manifiestan que efectivamente, la ingeniería civil cuenta con una demanda notable en la actualidad, en el medio colombiano”.

¹¹⁶ Vélez White, Cecilia María. Resultados de las condiciones laborales de los graduados de la educación superior entre 2001 y 2009. Foro de seguimiento a graduados por sectores productivos. 2010. (en línea) Consultado en agosto 15 de 2014, disponible en: http://www.colombiaaprende.edu.co/html/directivos/1598/article-235705.html#h2_4

Cuadro 3. Vinculación laboral de recién graduados en Ingeniería Civil y Afines

FORMACION ACADEMICA PROGRAMA	GRADUADOS 2001		GRADUADOS 2007		GRADUADOS 2011	
	TASA DE COTIZANTES	INGRESO	TASA DE COTIZANTES	INGRESO	TASA DE COTIZANTES	INGRESO
CONSTRUCCIONES CIVILES			75.0 %	\$ 943,833	90,0 %	\$ 2.209.444
INGENIERIA CIVIL	76,3 %	\$ 3.099.391	91.3 %	\$ 1,100,005	94,4 %	\$ 1.366.333
INGENIERIA CATASTRAL Y GEODESIA	91,7 %	\$ 3.963.278	92.5 %	\$ 1,550,067	100,0 %	\$ 2.131.146
INGENIERIA DE TRANSPORTE Y VIAS	78,9 %	\$ 2.585.496	83.0 %	\$ 1,172,631	86,3 %	\$ 1.418.336
INGENIERIA GEOLOGICA	82,6 %	\$ 4.503.710	91.0 %	\$ 2,615,080	97,7 %	\$ 3.344.115
INGENIERIA TOPOGRAFICA	58,8 %	\$ 1.380.000	85.7 %	\$ 1,417,588	94,0 %	\$ 1.941.591

Fuente: Observatorio Laboral¹¹⁷

¹¹⁷ Observatorio Laboral. Taza de cotización por programas. (en línea) Consultado en agosto 15 de 2014, disponible en:
<http://www.graduadoscolombia.edu.co:8380/eportal/web/observatorio-laboral/taza-de-cotizacion-por-programas?>

Cuadro 4. Carreras con mayores porcentajes de graduados vinculados en 2009

NBC	% GRADUADOS VINCULADOS EN 2009	SALARIO DE ENGANCHE 2009
ADMINISTRACIÓN	76,5%	\$ 1.409.872
EDUCACIÓN	75,0%	\$ 935.994
CONTADURÍA PÚBLICA	82,6%	\$ 1.273.261
DERECHO	69,8%	\$ 1.682.957
ING. DE SISTEMAS	81,3%	\$ 1.475.513
ING. INDUSTRIAL	82,5%	\$ 1.585.887
PSICOLOGÍA	72,6%	\$ 1.192.758
MEDICINA	90,4%	\$ 2.162.672
ECONOMÍA	78,1%	\$ 1.445.737
ING. CIVIL	82,9%	\$ 1.499.332

Fuente: "Vélez White, Cecilia María. Resultados de las condiciones laborales de los graduados de la educación superior entre 2001 y 2009".¹¹⁸

"Otro aspectos a resaltar, según el cuadro 4, es que el salario promedio de enganche para los ingenieros civiles para 2009 fue de \$1.499.332, que es el cuarto entre las carreras con más egresados, después de medicina, derecho e ingeniería industrial. Además, dicho valor supera el promedio general, que es de \$1.378.027".¹¹⁹

Por otra parte, cabe destacar que un estudio efectuado por la firma BLS National Employment Matrix mostró que la ingeniería civil es una de las profesiones con mayor crecimiento en su demanda. "Según sus estimaciones esta profesión tendrá un incremento de su demanda con un 25%, y las especializaciones que lo son

¹¹⁸ Vélez White, Cecilia María. Resultados de las condiciones laborales de los graduados de la educación superior entre 2001 y 2009. Foro de seguimiento a graduados por sectores productivos. 2010. (en línea) Consultado en agosto 15 de 2014, disponible en:

http://www.colombiaaprende.edu.co/html/directivos/1598/article-235705.html#h2_4

¹¹⁹ Vélez White, Cecilia María. Resultados de las condiciones laborales de los graduados de la educación superior entre 2001 y 2009. Foro de seguimiento a graduados por sectores productivos. 2010. (en línea) Consultado en agosto 15 de 2014, disponible en:

http://www.colombiaaprende.edu.co/html/directivos/1598/article-235705.html#h2_4

afines serán más demandadas en un 10%.¹²⁰ En el siguiente cuadro se muestra la demanda actual de profesionales, donde se observa que los ingenieros civiles ocupan el octavo lugar, con un 4,2% de participación en la demanda total de las diferentes carreras”.¹²¹

Cuadro 5. Las 20 carreras más demandas por las empresas son:

Nombre de la Carrera	%
Administración de Empresas	17.6
Ingeniería Industrial	8
Administración de Negocios Internacionales	7.3
Ingeniería en Informática / Sistemas	7.1
Contador General / Contabilidad	5.2
Economía	5.1
Psicología	4.6
Ingeniería Civil	4.2
Administración de Ventas	3.8
Arqueología	3.7
Marketing / Mercadotecnia	3.4
Arquitectura	3.3
Informática	2.8
Ingeniería Electrónica	2.7

¹²⁰ Publimetro. Las perspectivas laborales de los ingenieros (en línea) Consultado en agosto 15 de 2014, disponible en:
13/07/2012 <http://noticias.universia.net.co/en-portada/noticia/2012/07/13/950701/perspectivas-laborales-ingenieros.html>

¹²¹ Ibid., p. 1

Administración Financiera	2.7
Abogacía / Derecho / Leyes	2.7
Administración de Empresas de Servicios	2.5
Comunicación Social / Empresarial	2.4
Ingeniería Mecánica	2.4

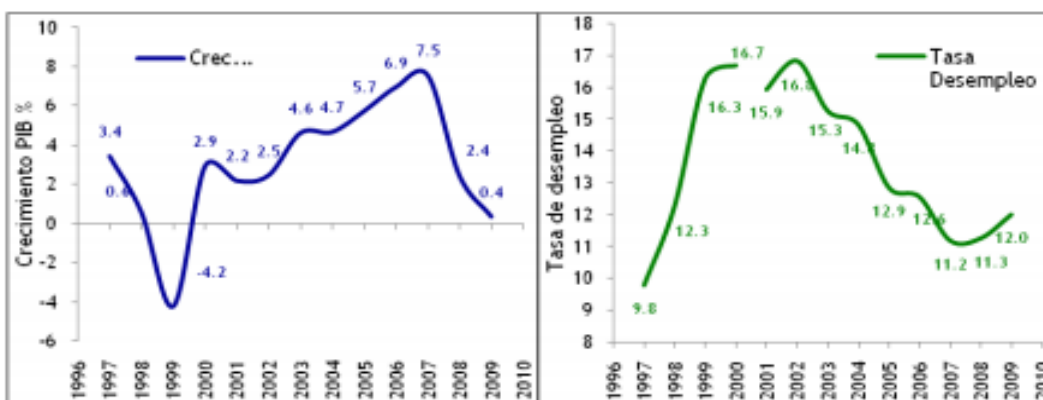
Fuente: “BLS National Employment Matrix” ¹²²

Antes de analizar el tema de la infraestructura del país, como determinante del escenario ocupacional de la ingeniería civil, hay que destacar que un aspecto muy importante, acerca de las tendencias que se manifiestan en la creación de empleo para los ingenieros civiles, así como para todo el mercado laboral en general, es lo referente al comportamiento de la economía.

Al respecto hay que indicar que el crecimiento económico es un referente esencial que ayuda en alguna medida a explicar las variaciones de la demanda de profesionales de cualquier disciplina. De esta manera, como se aprecia en la gráfica 3, hay una similitud en las variaciones (inversamente proporcionales) del crecimiento del PIB, frente al comportamiento de la tasa de desempleo. El menor crecimiento del PIB se presenta con la recesión de 1999, como se señaló anteriormente, y gran aumento del desempleo ocurre ese año. Posteriormente, la economía se recupera hasta llegar a un incremento del PIB del 7,5% en 2007, bajando ese año el desempleo al 12,2%. De igual forma, la crisis económica internacional de 2008 afecta la economía colombiana, reduciendo el crecimiento del PIB al 0,4% y generando una tendencia alcista de la tasa de desempleo

Grafica 3. Desempleo y crecimiento económico en Colombia. 1997 – 2009.

¹²² Ibid., p. 2



Fuente: “Fedesarrollo”¹²³

Esta variable del crecimiento económico no sólo afecta la demanda inmediata de profesionales, sino que implica, como se señaló al comienzo de este capítulo, que por una parte, al bajar los ingresos de las familias se reduzca el ingreso de nuevos estudiantes a la educación superior; y por otra parte, los estudiantes se desmotiven especialmente hacia las carreras que son clave para los sectores más afectados de la economía. En este último sentido se puede explicar la reducción de los graduados que se presentó entre los años 2006 y 2007, principalmente, de lo que no estuvo exenta la carrera de Ingeniería civil.

El problema es que, a pesar de que en los últimos años la economía colombiana ha tenido un buen comportamiento, incluso sobresaliente a nivel latinoamericano, la cantidad de egresados de ingeniería civil no se incrementa al mismo ritmo que las demás carreras. Esto también es notable si tenemos en cuenta el crecimiento del sector de infraestructura y sus perspectivas.

En las gráficas 4 y 5 se aprecia el comportamiento del PIB de la construcción, incluida la infraestructura entre los años 1994 y 2007. Es importante destacar que:

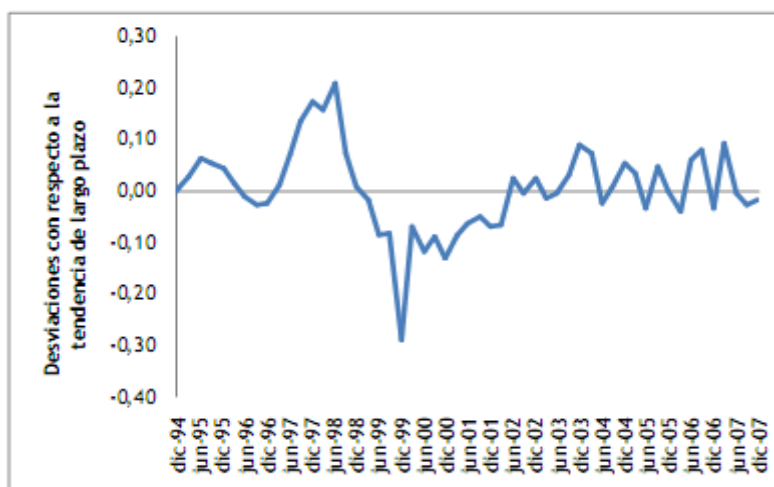
¹²³ Fedesarrollo. Análisis y perspectivas del desempleo en los últimos 12 años. (en línea) Consultado en agosto 15 de 2014, disponible en: <http://www.fedesarrollo.org.co/wp-content/uploads/2011/08/An%C3%A1lisis-y-perspectiva-del-desempleo-en-los-%C3%BAltimos-12-a%C3%B1os-INFF-201001004.pdf>

“El PIB de la construcción está compuesto por dos grandes ramas de la actividad económica. La primera está relacionada con los trabajos de construcción de edificaciones, que agrupa el valor agregado de la construcción de edificaciones residenciales -tanto a nivel urbano como rural-, edificios no residenciales, reparación de edificios y mantenimientos, y alquiler de equipos de construcción. La segunda rama se compone de los trabajos asociados con la ingeniería civil, que abarca la construcción de carreteras, vías férreas, puertos y tuberías”.¹²⁴

“En la gráfica 4 se puede observar la evolución del crecimiento del sector global de la construcción (basada en las desviaciones frente a la tendencia de largo plazo), y en la gráfica 5, se aprecia el comportamiento para los dos componentes del PIB de la construcción entre 1994 y 2007. Se observa el fuerte impacto que tuvo la recesión de 1999 en el sector, pero especialmente influida por la baja del sector de obras civiles que se contrajo mucho más que la construcción. Sin embargo, desde 2005 se cambió esa tendencia y comienza una fase expansiva para las obras civiles.

Gráfico 4: Ciclo del PIB de la construcción en Colombia, 1994-2007

¹²⁴ El sector de la construcción en Colombia: hechos estilizados y principales determinantes del nivel de actividad - Departamento de Estudios Económicos de CAMACOL Agosto de 2008. P.9. (en línea) Consultado en agosto 15 de 2014, disponible en: http://camacol.co/sites/default/files/secciones_internas/EE_Inv20081119101141_0.pdf

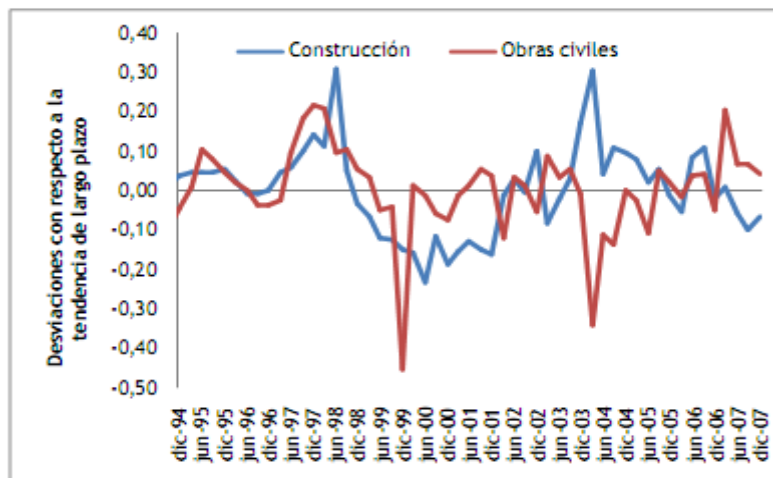


Fuente: Camacol

Según la Cámara Colombiana de la Construcción (Camacol), la construcción de obras civiles ha aumentado de forma importante desde finales de 2004, en gran parte debido al ritmo al que se han venido incrementando los planes de infraestructura vial y de servicios públicos del país”.¹²⁵

Gráfica 5. Ciclo de los componentes del PIB de la construcción en Colombia, 1994-2007

¹²⁵ El sector de la construcción en Colombia: hechos estilizados y principales determinantes del nivel de actividad - Departamento de Estudios Económicos de CAMACOL Agosto de 2008. P.10. (en línea)
Consultado en agosto 15 de 2014, disponible en:
http://camacol.co/sites/default/files/secciones_internas/EE_Inv20081119101141_0.pdf



Fuente: Camacol

La tendencia de crecimiento del sector de infraestructura que se ha presentado principalmente en la última década, como se ha observado, no es correspondida con crecimiento en los graduados de ingeniería civil que resulta muy débil y que se originó debido a la crisis de finales de los noventa. Pero a esto se agrega el problema de la “fuga de cerebros” que comenzó también en ese tiempo, cuando el tema de la inseguridad del país adoptó un perfil dramático, lo que impulsó a muchos profesionales a partir del país. Esta tendencia es aun en la actualidad un problema:

“La situación ya prendió las alarmas del sector productivo porque, como explica Eduardo Silva Sánchez, presidente de Acofi, detrás del encendido de un bombillo, la construcción de una carretera, la elevación de un puente o la puesta en marcha de un acueducto hay un ingeniero. Lo más grave es que los pocos profesionales que se gradúan se los están rapando otros países en vías de desarrollo donde también hay déficit. Gonzalo Ulloa, decano de la facultad de Ingeniería del Icesi en Cali, explicó que el 25 por ciento de los alumnos de esa institución se ha ido a trabajar al exterior. "Lo que sucede es que la ingeniería nacional ha caído de estatus social porque

ya no es una carrera tan visible y los muchachos de hoy prefieren ser locutores, modelos o presentadores de televisión", dice Ulloa".¹²⁶

En medio de estas diversas explicaciones, el problema es que la baja oferta de ingenieros civiles en el país puede llegar a afectar el buen desarrollo de la seguridad física nacional, basada en el desarrollo de sus obras civiles, y según la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (Acofi), se requieren cerca de "10 años para contar con una nueva generación de profesionales en la ingeniería capaz de asumir los retos que plantea una economía en pleno desarrollo".¹²⁷

Sobre esta problemática también aporta su perspectiva el ingeniero Jorge Duran Gutiérrez, decano de la Facultad de Ingeniería Civil de la Escuela de Ingeniería Julio Garavito:

"Hace 30 años, las grandes firmas se caracterizaban por generar empleos estables y bien remunerados. Los ingenieros tenían la oportunidad de hacer carrera dentro de la empresa y ganar experiencia. Pero con la recesión de finales de los 90, éstas tuvieron que irse 'achicando' por la falta de trabajo y por el estancamiento de los grandes proyectos de ingeniería. Sin embargo, del 2002 para acá, con el repunte de la economía, han crecido las firmas pequeñas e intermedias, que están llenando muchos de los vacíos de la ingeniería civil y están generando empleo. (...) Ahora éstas deben estar preparadas para enfrentar la tendencia de que las grandes firmas se están aliando y formando consorcios para participar en las grandes licitaciones de obras públicas. (La salida de ingenieros del país) puede que parcialmente origine cierta preocupación, pero en este mundo globalizado, cuando un ingeniero colombiano está en capacidad de responder a una convocatoria

¹²⁶ Escasez de ingenieros en Colombia, reconocen sectores académico y productivo. (en línea) Consultado en agosto 15 de 2014, disponible en:

<http://cesiq.univalle.edu.co/html/modules.php?name=News&file=article&sid=220>

¹²⁷ Ibid., p. 2

internacional de trabajo y complementar su formación en una cultura distinta, es motivo de orgullo para nosotros, los educadores. Lo mejor sería que los jóvenes ingenieros sean enganchados por firmas internacionales, se trasladen al mercado mundial de la ingeniería a aprender, y en cuatro años, tengan la oportunidad de regresar con esa compañía a trabajar en proyectos del país”.¹²⁸

Como se ha podido apreciar en este apartado, la Ingeniería civil perdió terreno en cuanto a la oferta de profesionales, lo cual se originó en factores como la crisis económica de fines de los años 90, que ante la baja inversión en proyectos de obras civiles y por su impacto en los ingresos de las familias, implicó que se redujera notablemente el ingreso de nuevos estudiantes para cursar esta carrera. Este aspecto se manifestaría inicial hacia 2006 cuando la cantidad de graduados se contrajo frente a la anterior tendencia.

Otro aspecto que se ha señalado es la salida de ingenieros civiles del país, bien por la problemática de orden público que sufrió el país principalmente a fines de los noventa y comienzos del siglo XXI, pero que es una opción existente para estos profesionales, ante las demandas de otros países, en el contexto de la globalización que auspicia los flujos de talento humano en el mundo. Por otra parte, se pudo observar que el nivel de graduados no se recuperó como sí ocurrió en otras carreras.

Si a todos estos factores se agrega el rezago de la infraestructura del país, se puede concluir que, ante los movimientos y nuevas políticas estatales que proyectan la expansión de este sector, puede generarse una situación deficitaria

¹²⁸ ¿Se acabaron los Ingenieros Civiles en Colombia? 2008. (en línea) Consultado en agosto 15 de 2014, disponible en:

http://www.construdata.com/bancoconocimiento/s/se_acabaron_los_ingenieros_civiles_en_colombia/se_acabaron_los_ingenieros_civiles_en_colombia.asp

de la oferta frente a la demanda de ingenieros civiles en el escenario laboral del país. En el siguiente capítulo se explora la situación a nivel internacional acerca de las necesidades de ingenieros civiles, y lo que las universidades de mundo están haciendo en cuanto a las orientaciones de esta carrera. Posteriormente, se vuelve a Colombia, para analizar la situación de presente y futura de su sector de infraestructura, y lo que debe ser la proyección de la ingeniería civil para atender las demandas del país al respecto.

EXISTENCIA DE REGISTROS ACTUALIZADOS SOBRE OCUPACIÓN Y UBICACIÓN PROFESIONAL DE LOS EGRESADOS DEL PROGRAMA.

El Observatorio Laboral de la Educación establece dos indicadores clave para el análisis del desempeño en el mercado laboral: el porcentaje de graduados vinculados al sector formal de la economía y su salario promedio. En las estadísticas del Observatorio se evidencia que los egresados del programa de Ingeniería Civil en su gran mayoría se ubican en labores relacionadas con la profesión.

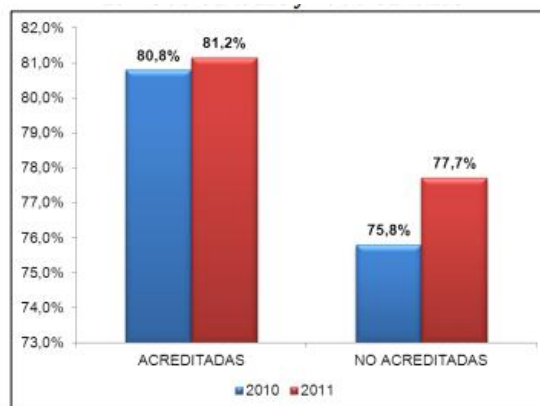
El informe 2001 – 2012 de OLE129, indica que en promedio, 78,7% de los recién graduados de educación superior, se encuentran vinculados laboralmente al sector formal de la economía y el 3,1% continua estudiando un programa de educación superior.¹³⁰

Este mismo informe, señala que el tiempo promedio de vinculación de los egresados en proyectos de generación de infraestructura es menor a tres meses y que la vinculación en el sector de la construcción se aproxima al 50%, en la modalidad de contrato a término indefinido, hecho que representa confianza por parte del empresario en los que se refiere al desempeño de los graduados en ingeniería civil.

¹²⁹ Último informe estadístico presentado por el Observatorio Laboral, abarca hasta el 2012

¹³⁰ Tomado de resultados Mineducación 2013, Observatorio laboral colombiano.

Vinculación al sector formal de la economía de recién graduados de IES acreditadas y no acreditadas.



Fuente: Ministerio de Educación Nacional - Observatorio Laboral para la Educación

Por otro lado, la naturaleza y clasificación de las universidades de procedencia denotan favorabilidad para los procesos de contratación para los egresados de universidades que cuentan con el reconocimiento institucional de acreditación de alta calidad.

Así mismo, en otras cifras del Observatorio Laboral para el empleo, se aprecia que los graduandos de las programas de ingeniería presentan valores altos en el índice de empleabilidad. Para el caso de los ingenieros civiles de la Universidad Piloto de Colombia, el observatorio laboral registra los siguientes indicadores de

empleabilidad e ingreso con relación al último corte registrado del 2012, que indica un promedio de empleabilidad de 86,04%, que significa un alto valor comparado con los índices de empleabilidad de otros programas.

Índice de empleabilidad e ingreso promedio ingenieros civiles a 2012.

Año de egresado	Índice de empleabilidad registrado	Ingreso promedio a corte de 2012
2002	77.4%	\$2'903.270
2003	84.6%	\$3'509.907
2004	91.7%	\$2'546.169
2005	86.2%	\$2'787.341
2006	79.4%	\$2'463.803
2008	80.6%	\$2'501.064
2009	84.7%	\$2'157.588
2010	91.5%	\$2'424.259
2011	95.4%	\$1'753.348
2012	88.9%	\$1'416.848

Fuente: Observatorio laboral colombiano¹³¹.2015

De acuerdo con la información procedente del observatorio laboral para el empleo, a 2012, los ingresos promedio de los ingenieros civiles en Colombia reportaban el siguiente cuadro:

¹³¹ Tomado del observatorio laboral en el link:
<http://www.graduadoscolombia.edu.co:8380/eportal/web/observatorio-laboral/ingreso-promedio-por-ies;jsessionid>

Salario promedio en 2012 para graduados de pregrado entre 2001 y 2012

AÑO DE GRADO	SALARIO EN 2012
2001	\$ 2.247.010
2002	\$ 2.237.325
2003	\$ 2.154.325
2004	\$ 2.179.431
2005	\$ 2.183.770
2006	\$ 2.104.137
2007	\$ 1.966.478
2008	\$ 1.851.484
2009	\$ 1.738.152
2010	\$ 1.632.543
2011	\$ 1.391.882
2012	\$ 1.262.545

Fuente: Observatorio Laboral. 2012

Esta información se ratifica cuando los egresados manifiestan en las encuestas que los ingresos se encuentran dentro de los siguientes rangos: 40.68% entre 5 y menos de 8 salarios mínimos, 16.95% entre 8 y menos de 11 salarios mínimos, 14.41% entre 3 y menos de 5 salarios mínimos, 10.17% de 11 o más salarios mínimos y menos de 3 salarios mínimos el 8.47%.

CORRESPONDENCIA ENTRE LA OCUPACIÓN Y UBICACIÓN PROFESIONAL DE LOS EGRESADOS Y EL PERFIL DE FORMACIÓN DEL PROGRAMA.

Ubicación de los egresados.

El sector de la construcción en Colombia atraviesa un momento de desarrollo y de generación de empleo. Desde hace ya una década, los gobiernos han incluido dentro de su plan de desarrollo, alta inversión en infraestructura y en generación de vivienda. Este comportamiento económico ha permitido que la demanda laboral

de ingenieros civiles se mantenga al alza, hecho que genera dos elementos importantes a saber: la ubicación de profesionales directamente en los distintos campos de aplicación de la ingeniería civil y, segundo el alto nivel de empleo de los egresados como se mencionó anteriormente. La demanda laboral es continua y creciente.

En relación con la ubicación laboral, el observatorio laboral indica que las áreas que registran mayor vinculación, dada la demanda en este campo son:

- Construcciones civiles.
- Construcción y conservación de vías
- Desarrollo urbano
- Recursos hídricos
- Geotecnia vial

Se destaca que en los primeros años de ejercicio profesional, los cargos que en mayor medida desempeñan los egresados son: residentes de obra, calculista estructural, residentes de vías, ingenieros de costos y presupuestos y en interventoría de obra. A medida que avanzan en su formación entran a ocupar cargos como director de obra, gerente de proyectos, ingeniero consultor en diferentes campos de acuerdo con el área de especialización. Adicionalmente, hay una importante presencia de egresados en empresas del sector de explotación y transformación de hidrocarburos.

Las opciones laborales de los ingenieros civiles son diversas. Se emplean en entidades privadas, dedicadas a la construcción y el desarrollo de infraestructura en las áreas de análisis y diseño de estructuras, en proyectos viales, proyectos relacionados con acueductos, alcantarillados y sistemas de tratamiento de aguas, en compañías constructoras en planeación, organización, control y dirección de obras. También se desempeñan adelantando estudios a nivel de mecánica de

suelos, de geotecnia, sobre diseños geométricos de carreteras y otros. En las entidades públicas, también desarrollan labores de gestión y control de proyectos.

UTILIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN EL OBSERVATORIO LABORAL PARA LA EDUCACIÓN, COMO INSUMO PARA ESTUDIAR LA PERTINENCIA DEL PROGRAMA.

Es claro que los últimos gobiernos han soportado gran parte de sus planes de desarrollo, en la oferta de construcción de vivienda de interés social y en el desarrollo de infraestructura vial y de servicios. El observatorio laboral reporta altos índices de empleabilidad en los campos de acción de la ingeniería civil la siguiente tabla muestra dichos indicadores:

Índices de empleabilidad nacional por áreas

Área	Índice empleabilidad recién graduados
Construcciones civiles	90,0%
Ingeniería de materiales	83.3%
Recursos Hidráulicos	100,0%
Construcción y conservación vías	100,0%
Espacio público	93,0%
Geotecnia vial	97.3%
Desarrollo urbano	100,0%
Ingeniería civil	94.4%

Fuente: Observatorio laboral. Ocupación ingenieros civiles. 2012

Se hace evidente la pertinencia del programa ante las necesidades actuales de desarrollo del país, indican además que la demanda de ingenieros civiles continúa en crecimiento, y seguirá haciéndolo, si se tiene en cuenta que en los planes de desarrollo se proyecta que el sector de la construcción seguirá con crecimiento constante. Este fenómeno de desarrollo país ratifica que la formación de ingenieros civil se visiona con crecimiento sostenido y confirma que los campos

de profesionalización que potencia el programa de Ingeniería Civil dentro e su propuesta de formación siguen vigentes y se hacen pertinentes en función del comportamiento de la demanda actual y proyectada. El programa trabaja las siguientes líneas: línea de suelos, línea de aguas, de estructuras, de construcción y gestión y urbanismo y ambiente. En todas ellas hay presencia laboral de los egresados de la universidad con la característica que sus labores se ejercen en todo el territorio, generando movilidad de los ingenieros y presencia incluso en lugares de difícil acceso y comunicación.

5. LA FORMACIÓN ACTUAL DE INGENIEROS CIVILES EN EL MUNDO

5.1 TENDENCIAS Y REQUERIMIENTOS EN EL DESARROLLO DE LA INFRAESTRUCTURA

El desarrollo de la infraestructura es determinante del crecimiento económico de los países, así como de la calidad de vida de sus pobladores. Es por ello que ella se presenta de forma notablemente diferente según el nivel de desarrollo de los países. Por ejemplo, en los países de menores ingresos las necesidades de construir sistemas de acueducto aun son muy sentidas en algunas partes de sus geografías, mientras que en los países de mayores ingresos esa necesidad está resuelta, por lo que en ese tema los proyectos pueden ser de ampliación, mantenimiento o adaptación tecnológica principalmente. Algo similar ocurre en la mayoría de los diversos tipos de obras civiles que se pueden emprender, en lo referente a lo que suelen ser las tendencias diversas según el nivel del desarrollo de cada país.

“Lo que definitivamente es seguro, es que la infraestructura determina el éxito de las actividades manufactureras y agrícolas de los países, incidiendo en su crecimiento económico. Puntualmente, las inversiones que se realizan en los proyectos de agua, saneamiento, energía, servicios urbanos, vivienda y transporte también mejoran la calidad de vida y ayudan a reducir la pobreza”.¹³²

“Es por ello que en países de ingresos bajos y medios, como los de Latinoamérica, el emprendimiento de inversiones en infraestructura es relevante para el mejoramiento de los indicadores económicos y sociales. Según el Banco Mundial, las estimaciones realizadas a finales de los noventa sobre el impacto de las obras

¹³² Infraestructura (en línea) Consultado en agosto 18 de 2014, disponible en: <http://datos.bancomundial.org/tema/infraestructura>

de infraestructura en la reducción de la pobreza mostraron que este tipo de inversión reduce la pobreza en 2,1% en los países de bajos ingresos y en 1,4% en los de ingresos medios. Otro estudio realizado en América Latina concluyó que la falta de inversión en obras de infraestructura durante los años noventa redujo el crecimiento a largo plazo entre 1% y 3%, dependiendo del país. Una comparación entre los países de ingresos bajos y los países de la OCDE arroja el doble de cortes de energía, cuatro veces más cortes de agua, diez veces más desperfectos en las líneas telefónicas y sólo el 29% de caminos pavimentados en los primeros en comparación con más del 80% en los segundos. Un reciente estudio realizado en siete países de América Latina sugiere que la mala calidad de la infraestructura pública de que su productividad sea sólo del 74% respecto del nivel de los países industrializados”.¹³³

“Los anteriores aspectos hacen referencia fundamentalmente a la infraestructura básica, en donde se manifiestan las carencias de los países menos desarrollados, las cuales deben ser resueltas en las próximas décadas para poder elevar la calidad de vida de sus poblaciones como se ha dispuesto en los Objetivos del Milenio planteados por la ONU para la erradicación de la pobreza”.¹³⁴ Por otra parte, al analizar las tendencias de la infraestructura a nivel mundial, se encuentra que hay algunos aspectos comunes que surgen de factores como el crecimiento demográfico, el desarrollo tecnológico, los nuevos procesos urbanísticos, el desarrollo sostenible, y la globalización económica y sociocultural, principalmente.

En tal sentido, a continuación se describen algunas de las principales tendencias que el mundo tiene y tendrá en el inmediato futuro para el desarrollo de la infraestructura en sus diversos frentes, y que se constituyen en los retos que la ingeniería civil debe enfrentar como parte de su labor profesional. Bajo este

¹³³ Reseña sobre la infraestructura. (en línea) Consultado en agosto 18 de 2014, disponible en: <http://www.bancomundial.org/temas/resenas/infraestructura.htm>

¹³⁴ Podemos erradicar la pobreza. (en línea) Consultado en agosto 18 de 2014, disponible en: <http://www.un.org/es/millenniumgoals/>

panorama existen una serie de desafíos sin precedentes para diversas disciplinas, pero en especial para los ingenieros civiles, “pues la civilización de hoy requiere de una infraestructura capaz de satisfacer las nuevas características de desarrollo: crecimiento vertical, edificaciones sostenibles, utilización de materiales optimizados, mayor uso de nano materiales, infraestructuras inteligentes; aprovechamiento racional de agua”.¹³⁵

- **Crecimiento vertical de ciudades.** “La mayoría de las ciudades han sido desarrolladas por casas pequeñas y muchas veces alejadas unas de otras; las ciudades dispersas consumen mayores recursos por el requerimiento de servicios, más energía, más suelo, más agua; sin embargo la “verticalidad” de las edificaciones logra hacer de las ciudades densas más compactas con menos invasión de su naturaleza haciendo más fácil la construcción de redes de abastecimiento y agua potable, la reducción de la red del transporte público. La verticalidad controlada es el modelo más eficiente de vivir y permanecer en el planeta sin afectarlo. La vida en altura es más humana, la ciudad densa facilita el contacto entre la gente y resuelve problemas de explotación de la naturaleza”.¹³⁶
- **Edificaciones sustentables.** “Estas edificaciones se refieren a la utilización de métodos constructivos y el uso de materiales respetando el medio donde se desarrolla desde su planificación, diseño, ubicación, construcción, usando energía renovable (fuente solar, eólica, etc.), conservando el agua, aprovechando los recursos naturales de luz y ventilación, minimizando los residuos y creando ambientes productivos”.¹³⁷

¹³⁵ Tendencias y retos de la ingeniería civil. (en línea) Consultado en agosto 18 de 2014, disponible en: <http://blogs.upn.edu.pe/ingenieria/2013/07/09/tendencias-y-retos-de-la-ingenieria-civil/>

¹³⁶ Ibid., p.2

¹³⁷ Ibid., p.2

- **Utilización de materiales optimizados.** “Como producto de la investigación vienen apareciendo diversos materiales para ser utilizados en obras civiles que permiten optimizar sus propiedades de resistencia mecánica, durabilidad, factores económicos, disponibilidad y el respeto por el medio ambiente; es así, que viene apareciendo materiales como el concreto traslúcido, concreto permeable, concreto flexible, fibra de carbono, composites, nanotubos, nanocerámica, nanopinturas, y quizás por qué no, el uso industrializado en la construcción del aerogel y otros materiales innovadores”.¹³⁸
- **Edificios inteligentes o Domótica.** “Son aquellas edificaciones equipadas con cableado estructurado que permite a sus ocupantes controlar, remotamente, una serie de dispositivos automatizados por medio de un solo comando, es decir que un solo botón pueda realizar varias tareas a la vez. Este concepto de edificios inteligentes permite sistematizar automáticamente el control de la luz, temperatura y cambios de humedad y que sus ocupantes puedan personalizar los servicios del edificio. Incluyen sistemas para: Eficiencia del Consumo de Energía, Aseguramiento de Vidas, Telecomunicaciones, y Automatización de áreas de trabajo”.¹³⁹
- **Nuevos Procesos constructivos.** “Según el tipo de obra los procesos constructivos se adecuan a una mejor producción, reducción de tiempos de construcción y eficiencia en la gestión de proyectos. Las aplicaciones de estos nuevos procesos como los prefabricados, la construcción industrializada, construcción mecanizada, el *lean construction* y *just planner*, la Biotecnología y otros, siempre están de la mano de las nuevas

¹³⁸ Ibid., p.2

¹³⁹ Ibid., p.3

innovaciones tecnológicas y la aplicación y utilización de nuevos materiales”.¹⁴⁰

- **Aprovechamiento racional de agua.** “El aprovechamiento del recurso hídrico es una preocupación mundial puesto que el agua es cada vez más escasa. Para minimizar el riesgo y optimizar su uso se debe: evitar el despilfarro del agua, su uso en muchos casos no es el racional; existe una serie de pérdidas tales como: en el transporte para la irrigación, se debe maximizar el aprovechamiento del agua mediante el uso del riego gota a gota incorporando aspersores más eficientes, la identificación de las necesidades hídricas de las plantas cultivadas. En el sector industrial, mejorar las técnicas industriales y evitar la contaminación del agua. Para el caso del agua para uso doméstico se debe plantear el uso diferenciado de agua y no utilizar, necesariamente, agua potable para el funcionamiento de inodoros; así también, identificar fugas de agua. Para el correcto uso de este recurso se debe aprovechar las centrales hidroeléctricas que benefician en un doble sentido, por un lado genera energía limpia y renovable y por el otro lado genera una disminución en el consumo de energía proveniente de restos fósiles”.¹⁴¹

Estas tendencias son una realidad que deben tener como referente las facultades de ingeniería civil, para definir los contenidos y perspectivas que deben promoverse en la formación de los nuevos profesionales de esta disciplina. Para ello deben hacerse los ajustes institucionales pertinentes, desarrollar el espíritu investigativo, establecer una articulación permanente con los sectores empresariales y gubernamentales para mantener un flujo de información y conocimientos que los beneficie a todos y a la sociedad en general.

¹⁴⁰ Ibid., p.3

¹⁴¹ Ibid., p.3

Es necesario tener en cuenta, que las tendencias globalizantes hacen que haya un fácil flujo de profesionales de entre países, por lo que se deben desarrollar desde las empresas y el Estado las condiciones de atractivo para que los profesionales aporten a su país sus conocimientos y experiencias. Pero bajo ese entorno es de esperar que confluyan ingenieros civiles de diversas nacionalidades para los grandes proyectos, más si se considera que su realización suele estar a cargo de empresas transnacionales.

5.2 LA INGENIERÍA CIVIL EN LAS PRINCIPALES UNIVERSIDADES DEL MUNDO

Teniendo en cuenta los retos que el mundo actual y el futuro inmediato plantean para los ingenieros civiles, las universidades buscan adaptarse a las exigencias de los diversos tipos de proyectos de infraestructura, que en diversos países se van generando día a día. A continuación se hace una reseña de la orientación que están adoptando las principales universidades a nivel internacional, con miras a la adecuada formación de los futuros profesionales de esta disciplina.

5.2.1 Universidad de California en Berkeley (EUA)

Según el ranking¹⁴² “la universidad de Berkeley a nivel mundial es la sexta mejor universidad, a nivel norteamericano también es la sexta mejor universidad y en ingeniería civil es la segunda mejor facultad según un estudio realizado por la firma QS Quacquarelli Symons Limited en el año 2013”¹⁴³

“El Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental de la Universidad de California en Berkeley ha sido continuamente clasificado como el mejor programa de su tipo, no sólo dentro del país sino del mundo. Ofrece una

¹⁴² www.webometrics.info

¹⁴³ www.fierasdeingenieria.com/las50mejoresuniversidades-del-mundo-para-estudiar-ingenieria-civil/comment-page1

educación amplia de ingeniería civil con áreas de especialización tanto en los niveles de licenciatura como de posgrado.

El programa enseña a los estudiantes los conceptos de ingeniería, tales como el mejorar la infraestructura pública, la protección de los recursos, la mitigación de riesgos y la creación de sistemas civiles eficientes y sostenibles. El programa de postgrado se divide en siete áreas de especialidad: sistemas civiles, energía, infraestructura pública y gestión del clima, ingeniería y de proyectos, ingeniería ambiental, geingeniería, materiales y transporte, estructuras y ingeniería mecánica. Un programa de doctorado está también disponible”.¹⁴⁴

“Se destaca el programa de Energía, Infraestructura Civil y Clima. Su objetivo es educar a un grupo de profesionales que van a ser capaces de analizar desde la ingeniería, y las perspectivas de gestión ambiental, económica problemas complejos tales como la eficiencia energética de los edificios, el diseño ambientalmente informada de sistemas de transporte, energía incorporada de los materiales de construcción, la electricidad procedente de fuentes renovables y biocombustibles, y solventar tales problemas sociales generales como la mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero y la adaptación de la infraestructura al cambio climático. El programa también promueve la investigación en la intersección de la energía, la infraestructura y la ciencia del clima”.¹⁴⁵

¹⁴⁴ Escuelas de ingeniería civil en Estados Unidos. (en línea) Consultado en agosto 25 de 2014, disponible en: http://www.ehowenespanol.com/escuelas-estados-unidos-ofrecen-ingenieria-civil-info_403832/

¹⁴⁵ Universidad de Berkeley. (en línea) Consultado en agosto 25 de 2014, disponible en: <http://www.ce.berkeley.edu/programs>

5.2.2 Universidad de Illinois - Urbana-Champaign (EUA)

Según el ranking.¹⁴⁶ “A nivel mundial se encuentra en el puesto 22, a nivel norteamericano esta ubicada en el puesto 20 y en ingeniería civil es la sexta mejor facultad según un estudio realizado por la firma QS Quacquarelli Symons Limited en el año 2013”.¹⁴⁷

“En 2010, U.S. News and World Report clasificó al programa de ingeniería civil de esta universidad como el segundo mejor de los Estados Unidos. Esta universidad cuenta con varios centros de investigación de alto nivel y de alta tecnología que dan a los estudiantes la oportunidad de participar en proyectos de vanguardia”.¹⁴⁸ La Universidad de Illinois en Urbana-Champaign cuenta con un Departamento de Ingeniería Civil y Mecánica de primera línea. Ofrece a los alumnos un título de licenciatura, maestría o doctorado en ingeniería civil con diferentes sub-especialidades, como ingeniería estructural o recursos acuáticos”.¹⁴⁹

5.2.3 Purdue University (EUA)

¹⁴⁶ www.webometrics.info

¹⁴⁷ www.fierasdeingenieria.com/las50mejoresuniversidades-del-mundo-para-estudiar-ingenieria-civil/comment-page1

¹⁴⁸ Escuelas de ingeniería civil en Estados Unidos. (en línea) Consultado en agosto 25 de 2014, disponible en: http://www.ehowenespanol.com/escuelas-estados-unidos-ofrecen-ingenieria-civil-info_403832/

¹⁴⁹ Mejores universidades ingeniería civil del mundo. (en línea) Consultado en agosto 25 de 2014, disponible en: http://www.ehowenespanol.com/mejores-universidades-ingenieria-civil-del-mundo-lista_499246/

Según el ranking.¹⁵⁰ “A nivel mundial se encuentra en el puesto 19, a nivel norteamericano esta ubicada en el puesto 17 y en ingeniería civil esta ubicada en el puesto 23 como mejor facultad según un estudio realizado por la firma QS Quacquarelli Symons Limited en el año 2013”.¹⁵¹

“La Universidad de Purdue tiene uno de los mayores programas de ingeniería civil y cuenta con 20 centros de investigación y enseñanza del estado de la técnica en el área, y dos grandes laboratorios de computación”.¹⁵² “La Escuela de Ingeniería de la Purdue University ofrece un programa de licenciatura en la que los alumnos de ingeniería comienzan de inmediato a tomar clases centrales en su primer año de carrera. Con el transcurso del tiempo, los alumnos de ingeniería civil eligen entre las nueve sub-especialidades. Purdue ofrece: ingeniería arquitectónica, construcción, geomática, geotécnica, hidráulica, hidrología, materiales, estructuras y transporte”.¹⁵³

5.2.4 Cornell University (EUA)

Según el ranking.¹⁵⁴ “A nivel mundial se encuentra en el puesto 4, a nivel norteamericano esta ubicada en el puesto 4 y en ingeniería civil ocupa el

¹⁵⁰ www.webometrics.info

¹⁵¹ www.fierasdeingenieria.com/las50mejoresuniversidades-del-mundo-para-estudiar-ingenieria-civil/comment-page1

¹⁵² Escuelas de ingeniería civil en Estados Unidos. (en línea) Consultado en agosto 25 de 2014, disponible en: http://www.ehowenespanol.com/escuelas-estados-unidos-ofrecen-ingenieria-civil-info_403832/

¹⁵³ Mejores universidades ingeniería civil del mundo. (en línea) Consultado en agosto 25 de 2014, disponible en: http://www.ehowenespanol.com/mejores-universidades-ingenieria-civil-del-mundo-lista_499246/

¹⁵⁴ www.webometrics.info

puesto 40 como mejor facultad según un estudio realizado por la firma QS Quacquarelli Symons Limited en el año 2013”¹⁵⁵

“Cornell cuenta con un programa de infraestructura civil de alto nivel que se divide en tres subespecialidades: ingeniería estructural, mecánica sólida de computación e ingeniería geotécnica. La investigación que se realiza en Cornell es de avanzada y los alumnos llegan a experimentar qué es estar al frente de los principales desarrollos tecnológicos y científicos”. ¹⁵⁶

5.2.5 Imperial College London (Inglaterra)

Según el ranking.¹⁵⁷ “A nivel mundial se encuentra en el puesto 237, a nivel ingles esta ubicada en el puesto 14 y en ingeniera civil esta ubicada en el puesto 1 como mejor facultad según un estudio realizado por la firma QS Quacquarelli Symons Limited en el año 2013”¹⁵⁸

“En el ranking de programas de ingeniería civil, elaborado por QS Quacquarelli Symonds Limited, el mejor valorado es el de Imperial College London, en Inglaterra, seguido de cerca por la University of California, Berkeley. En dicha universidad, se cuenta con una distinguida tradición de excelencia en la enseñanza, la investigación y la práctica. Se fomenta el trabajo multidisciplinario internamente y se colabora ampliamente en el

¹⁵⁵ www.fierasdeingenieria.com/las50mejoresuniversidades-del-mundo-para-estudiar-ingenieria-civil/comment-page1

¹⁵⁶ Mejores universidades ingeniería civil del mundo. (en línea) Consultado en agosto 25 de 2014, disponible en: http://www.ehowenespanol.com/mejores-universidades-ingenieria-civil-del-mundo-lista_499246/

¹⁵⁷ www.webometrics.info

¹⁵⁸ www.fierasdeingenieria.com/las50mejoresuniversidades-del-mundo-para-estudiar-ingenieria-civil/comment-page1

exterior. La investigación se organiza en las áreas de ingeniería de los recursos del medio ambiente y el agua, mecánica de fluidos, geotecnia, estructuras y transporte. En 1998 se cambió el nombre al de Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, para reflejar la importancia del papel de la profesión en la gestión y desarrollo de los entornos urbanos y naturales. Se centra en las interacciones entre el entorno construido y el mundo natural y se reconoce que la ingeniería civil y el medio ambiente son cruciales para el cumplimiento de los principales desafíos que enfrenta la sociedad; incluido el cambio climático, la recuperación económica, crecimiento de la población y la urbanización, la conservación de los recursos naturales, el desarrollo de fuentes de energía renovables, el transporte sostenible, la calidad ambiental y el envejecimiento de infraestructura y la capacidad de recuperación. Se busca que los graduados posean las habilidades, conocimientos y actitudes necesarias para liderar la respuesta de la sociedad a estos desafíos”.¹⁵⁹

5.2.6 Technical University Hamburg-Harburg Technology (Alemania)

Según el ranking.¹⁶⁰ “A nivel mundial se encuentra en el puesto 1671, en Alemania esta ubicada en el puesto 73 y en ingeniería civil ocupa el puesto 33 como mejor facultad según un estudio realizado por la firma QS Quacquarelli Symons Limited en el año 2013”.¹⁶¹

“Esta importante universidad alemana enfatiza su programa de ingeniería civil hacia la investigación, particularmente en cuanto a Estructuras Urbanas Sostenibles. La formación, en general, trata sobre el desarrollo de nuevas

¹⁵⁹ Imperial College London (en línea). Consultado en, septiembre 1 de 2014, disponible en: <http://www3.imperial.ac.uk/civilengineering/aboutus>

¹⁶⁰ www.webometrics.info

¹⁶¹ www.fierasdeingenieria.com/las50mejoresuniversidades-del-mundo-para-estudiar-ingenieria-civil/comment-page1

tendencias en la Ingeniería Civil y en sus procesos sostenibles. Incluye su conexión con nuevos sistemas y conceptos de Administración predial (Facility Management System) y la sostenibilidad referida al tráfico y logística. El desarrollo sostenible en ciudades es el comienzo para colocar el desarrollo de las ciudades y establecimientos urbanos bajo la premisa “protección de recursos y compatibilidad ambiental”. En esencia se refiere primordialmente a cómo son utilizados los recursos en la ciudad, considerando que las estructuras espaciales reclaman en forma sustancial superficies que actualmente son –de manera parcial- ineficaces y producen un incremento en el tráfico / congestión”.¹⁶²

“Se manejan los nuevos sistemas y conceptos de Administración Predial (Facility Management System), que traen consigo una contribución al desarrollo urbano, ya que la interconexión de sistemas de servicios para la construcción, conducen a nuevos sistemas de organización y operaciones. El desarrollo de una nueva Ingeniería Civil y sus procesos asociados vienen acompañados de la meta: lograr estructuras sostenibles para los centros urbanos. El continuo desarrollo de los procesos y métodos en la construcción a través de investigaciones sobre el comportamiento físico de los materiales de la construcción y otros componentes, son tema de esta área de investigación. Acá se involucran estudios sobre el comportamiento de carga y deformación de los materiales de construcción, creando modelos (modelling) de ingeniería necesarios, utilizando reglas de cálculo y diseño para bosquejar con eficiencia y estabilidad. Además de esto, se tiene en cuenta que la mejora directa de las características del material y los componentes de construcción se obtienen a través del proceso, la

¹⁶² Technical University Hamburg-Harburg Technology (en línea). Consultad en, septiembre 1 de 2014, disponible en: http://insma.udg.es/ambientalizacio/web_alfastinas/publicacio/04%20Hamburg.pdf

producción, la durabilidad, la seguridad en salud, la sostenibilidad y reutilidad”.¹⁶³

5.2.7 Universidad de Stuttgart (Alemania)

Según el ranking.¹⁶⁴ “A nivel mundial se encuentra en el puesto 232, en Alemania esta ubicada en el puesto 20 y en ingeniería civil ocupa el 49 como mejor facultad según un estudio realizado por la firma QS Quacquarelli Symons Limited en el año 2013”.¹⁶⁵

“Gracias a las titulaciones y estudios de Ingeniería Civil, mecánica y eléctrica, esta universidad se encuentra en la élite de las universidades técnicas de Alemania. Se desarrolla la carrera de Ingeniería civil y ambiental, enfocándose en los recursos de uso y producción de bienes de equipo que debe ser operado durante largos períodos de tiempo, mantenido y renovado al final de su uso. La salud humana, el impacto ambiental, la estética y la economía de la construcción y de las evaluaciones del ciclo de vida se encuentran en el campo de esfuerzos con la ejecución técnica y el uso de las instalaciones. La carrera de la ingeniería civil y el medio ambiente se caracterizan por una gran anchura y la heterogeneidad de sus

¹⁶³ Technical University Hamburg-Harburg Technology (en línea). Consultado en, septiembre 1 de 2014, disponible en:

http://insma.udg.es/ambientalitzacio/web_alfastinas/publicacio/04%20Hamburg.pdf

¹⁶⁴ www.webometrics.info

¹⁶⁵ www.fierasdeingenieria.com/las50mejoresuniversidades-del-mundo-para-estudiar-ingenieria-civil/comment-page1

áreas de trabajo. Se caracterizan por una gran variedad de la colaboración interdisciplinaria con otros ingenieros, matemáticos, científicos de la computación y las ciencias naturales, derecho y economía estudiosos”.¹⁶⁶

“Así mismo, su atención se centra también en los análisis realizados de más alto nivel del comportamiento de las estructuras como una síntesis del proyecto de apoyo al diseño arquitectónico, el uso de la calidad, la sostenibilidad y la producción. Esto incluye temas de la acústica, la construcción de la física, la durabilidad, los reciclajes, los materiales de alto rendimiento, los materiales compuestos, las técnicas de montaje y conceptos innovadores de adaptación, sistemas de auto-transformación. Característico de la ingeniería estructural son el material didáctico transversal común y la investigación, el diseño de estructuras de ingeniería, el modelado y simulación de componentes y estructuras de apoyo, y las cuestiones de seguimiento experimental y computacional, mantenimiento de edificios, operaciones de construcción, ingeniería geofísica y geotécnica”¹⁶⁷

5.2.8 Universidad Politécnica de Catalunya (España)

Según el ranking.¹⁶⁸ “A nivel mundial se encuentra en el puesto 178, en España esta ubicada en el puesto 7 y en ingeniería civil esta ubicada en el puesto 47 como mejor facultad según un estudio realizado por la firma QS Quacquarelli Symons Limited en el año 2013”.¹⁶⁹

¹⁶⁶ Universidad de Stuttgart (en línea). Consultado en, septiembre 1 de 2014, disponible en: <http://www.f02.uni-stuttgart.de/>

¹⁶⁷ Universidad de Stuttgart (en línea). Consultado en, septiembre 1 de 2014, disponible en: <http://www.f02.uni-stuttgart.de/>

¹⁶⁸ www.webometrics.info

¹⁶⁹ www.fierasdeingenieria.com/las50mejoresuniversidades-del-mundo-para-estudiar-ingenieria-civil/comment-page1

“La Universidad Politécnica de Catalunya está entre las 50 mejores del mundo, y es una de las de mayor reconocimiento en el mundo de habla hispana. El grado en Ingeniería Civil, que recoge los contenidos formativos fundamentales que integraban los estudios de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos, tiene como objetivo formar ingenieros generalistas, con una sólida formación en ciencias básicas y con una visión amplia de la ingeniería civil. Proporciona los conocimientos necesarios para diseñar, gestionar y dirigir proyectos de carreteras, autopistas, canales, puentes, puertos, aeropuertos, presas, túneles, estaciones de servicio, emisarios, colectores, estaciones depuradoras, aparcamientos, naves industriales, estructuras de edificios, captaciones y abastecimientos de agua, encauzamientos de cauces, infraestructuras ferroviarias, sistemas logísticos y planificación económica y territorial, entre otros. Se busca que los graduados tengan las competencias para 1) Análisis, diseño y planificación de proyectos de infraestructuras, edificaciones singulares y logísticos; 2) Dirección de empresas de ingeniería, de infraestructuras y consultorías, 3) Asesoría en cualquier empresa de ingeniería civil, del sector industrial o de servicios, 4) Gestión de la Administración pública, y 5) Desarrollo de proyectos y asesorías de forma independiente”.¹⁷⁰

5.2.9 Universidad de Toronto (Canada)

Según el ranking.¹⁷¹ “A nivel mundial se encuentra en el puesto 15, a nivel norteamericano esta ubicada en el puesto 15 y en ingeniería civil esta ubca

¹⁷⁰ Universidad Politécnica de Catalunya (en línea). Consultado en, septiembre 1 de 2014, disponible en: http://www.upc.edu/grau/fitxa_grau.php?id_estudi=233&lang=esp

¹⁷¹ www.webometrics.info

en puesto 44 como mejor facultad según un estudio realizado por la firma QS Quacquarelli Symons Limited en el año 2013”.¹⁷²

“La Universidad de Toronto ofrece grados en ingeniería civil, tanto a nivel de pregrado y postgrado. Un aspecto único del programa de esta escuela es que combina las carreras de ingeniería civil y mineral en un solo departamento. Esto se debe a la naturaleza integrada del trabajo que los ingenieros mineros y civiles hacen y porque muchos de sus cursos básicos son los mismos. Los ofrecimientos de pregrado del programa son el programa de ingeniería civil y el Programa de Ingeniería Mineral Lassonde, los cuales conducen a una Licenciatura en Ciencias Aplicadas”.¹⁷³

5.2.10 Aspectos generales observados

Las características de los programas de ingeniería civil en el mundo son en algunos aspectos similares, y en otros difieren sustancialmente. Los elementos más comunes que se pueden percibir incluyen principalmente lo siguiente:

- Consideración de los factores ambientales y de desarrollo sostenible como parte integral de los procesos que debe abordar el ingeniero civil.
- Inclusión de los desarrollos tecnológicos en diversos campos de la profesión, como lo referente a los nuevos materiales y esquemas estructurales, e igualmente la aplicación de las tecnologías informáticas como instrumento fundamental para el mejoramiento productivo y de la calidad en los diversos tipos de procesos que se acometen.

¹⁷² www.fierasdeingenieria.com/las50mejoresuniversidades-del-mundo-para-estudiar-ingenieria-civil/comment-page1

¹⁷³ Mejores universidades de Canadá (en línea). Consultado en, septiembre 1 de 2014, disponible en: http://www.ehowenespanol.com/mejores-universidades-ingenieria-civil-canada-lista_416075/

- Procesos investigativos como instrumento de la generación de nuevos conocimientos de los diversos campos que encierra la disciplina, y que permiten también la experimentación como mecanismo de formación de los profesionales.

Ahora, entre las otras tendencias que son coherentes con los retos del desarrollo de la infraestructura a nivel mundial (expuestos al comienzo de este capítulo), se puede apreciar que algunas universidades prefieren optar por tener una línea de formación más especializada hacia un campo particular. Ejemplos de este enfoque formativo, son:

- Los casos en que la orientación hacia el tema ambiental es de tanta importancia que, en algunos casos, el propio nombre de la carrera cambia, llamándose “ingeniería civil y ambiental”.
- Los casos en que la carrera se especializa en el desarrollo de obras civiles en el entorno urbano, lo que hace que se consideren principalmente esos espacios y los tipos de estructuras que le son pertinentes, e igualmente, las problemáticas singulares que deben resolverse en ese ámbito.
- La integración de la ingeniería civil con la ingeniería de minas, en los países en que el desarrollo del sector minero es tal que dimensión que la formación en ingeniería civil de una vez prepara a los profesionales para tener competencias más especializadas para ese tipo de actividades y proyectos.

6. NECESIDADES EN LA FORMACIÓN DE INGENIEROS CIVILES EN COLOMBIA

6.1 REQUERIMIENTOS EN EL SECTOR DE INFRAESTRUCTURA

Según el Banco Mundial, Colombia tiene un atraso de 15 años en el desarrollo de su infraestructura. “En el ranking de dicha entidad sobre competencia logística, que evalúa las capacidades de 160 países con base en opiniones del sector, el país ocupa el puesto 97 en 2014. Para comprender esta calificación, vale la pena la comparación con los países de la Alianza del Pacífico: Chile ocupa el puesto 42, México ocupa el 50 y Perú el 71”.¹⁷⁴

“En el caso de Colombia, el atraso se puede explicar por varios factores como la calidad de carreteras, y la escasa conectividad con sus dos puertos marítimos más importantes, Buenaventura y Cartagena”.¹⁷⁵ Obviamente, el enfoque de la

¹⁷⁴ Colombia tiene un atraso de 15 años en materia de infraestructura. 25 de Marzo de 2014. (en línea). Consultado en, septiembre 1o de 2014, disponible en: <http://www.vanguardia.com/economia/nacional/252536-colombia-tiene-un-atraso-de-15-anos-en-materia-de-infraestructura>

¹⁷⁵ Ibid., p. 1.

mencionada evaluación es hacia el campo logístico, lo que implica que no se tienen en cuenta otros campos de la infraestructura del país, como los temas del manejo hídrico, el transporte y las estructuras urbanas (como el metro de Bogotá), obras de la cadena de valor del sector energético y minero, aeropuertos, entre otros. Sin embargo, por la importancia del campo del transporte dentro de la infraestructura del país, a continuación se hace una descripción del estado del sector.

En el siguiente cuadro 6 se muestra una comparación de la infraestructura de Colombia en los frentes de vías pavimentadas, férreas, puertos y aeropuertos, con referencia a los promedios de América Latina, los países de desarrollo medio-alto a nivel general, y los de desarrollo medio alto de Asia y el Pacífico.

Cuadro 6. Rezago de Colombia en Infraestructura de transporte (2010)

	Vías no pavimentada s	Vías pavimentada s	Total vías	Vías férreas	Puertos	Aeropuertos
Dotacione s en Países de referencia	Km/100 km² de área	Km/100 km² de área	Km/10 0 km² de área	Km/10 0 km² de área	TEU por 100 habitante s	Mil mill.tons./k m per cápita
Colombia	10,50	1,17	11,67	0,11	5,28	3,40
América Latina	11,55	2,49	17,58	0,54	5,28	0,43
Ingresos medianos altos	6,75	8,38	18,83	0,91	8,45	0,26
Asia del	16,88	50,33	35,24	0,69	23,77	6,56

Este y el Pacífico						
Brecha de Colombia	km	km	km	km	TEU	Mil mil. Tons.
América Latina	11.633	14.611	65.602	4.725	0	0
Ingresos medianos altos	0	80.003	79.470	8.922	1.486.749	0
Asia del Este y el Pacífico	70.759	545.410	261.536	6.398	8.679.194	1.480.569

Fuente: "Fedesarrollo - Banco Mundial"¹⁷⁶

Se puede apreciar que en vías pavimentadas, vías y férreas y puertos, las diferencias son notables con los promedios de América Latina, pero principalmente como los países de Asia y el Pacífico, que multiplican varias veces la infraestructura de Colombia en dichos frentes. Sólo en Aeropuertos el indicador utilizado no refleja brechas sino con los países de Asia y el Pacífico.

Frente a esta situación, el gobierno colombiano ha dispuesto una serie de políticas en caminadas a empezar a resolver esta problemática, a partir del Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014, buscando avanzar en las ejecutorias en el periodo 2014-2018. Los objetivos de política para el transporte son:

1. "Prioridad a la integración nacional a través de una mejor infraestructura.
2. Apoyo al fomento del comercio exterior con una moderna red de carreteras.

¹⁷⁶ Ospina, Germán y Otros. Indicadores del sector de transporte en Colombia. Bogotá: Fedesarrollo. 2013.

3. Generar impacto social en las regiones más deprimidas.
4. Respeto hacia el medio ambiente”.¹⁷⁷

En el cuadro 6 se especifica el desarrollo de los estudios y documentos en que se basa la política de infraestructura de transportes para el país en la actualidad.

Cuadro 7. Objetivos en la cadena de generación de valor público en el sector transporte en Colombia

Documento	Objetivos generales	Objetivos de política
Marco legal	1. Facilitar la integración nacional y el transporte interno	Incrementar la conectividad de la red de infraestructura de transporte nacional
	2. Apoyar el desarrollo del comercio exterior: Mejorar la producción, el sostenimiento y la expansión de la industria nacional y su participación en los mercados internacionales Mejorar la competitividad de los productos nacionales	Garantizar la buena calidad del servicio: i) Optimizar la eficiencia del sistema y la organización de modos de transporte, ii) Crear cadenas logísticas integradas a través de la libre competencia; iii) Garantizar la capacidad del sector para suplir la demanda.
	3. Respetar el medio ambiente	La infraestructura construida debe adaptarse y procurar mitigar el cambio climático
	4. Mejorar las condiciones	i) Garantizar el acceso de

¹⁷⁷ Ospina, Germán y Otros. Indicadores del sector de transporte en Colombia. Bogotá: Fedesarrollo. 2013.

	económicas de la población más vulnerable	personas y de la carga a los servicios y a la infraestructura de transporte ii) Propender por la generación de empleo.
	5. Garantizar la seguridad vial	
Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014	1. Mejorar la competitividad y la integración regional	
	2. Mejorar la competitividad de los productos nacionales (Comercio exterior)	i) Mejorar el marco institucional y la infraestructura logística, particularmente en lo que se refiere al transporte multimodal, las plataformas logísticas y la logística urbana ii) Mejorar las condiciones de accesibilidad e intermodalidad a través de corredores viales, férreos y fluviales iii) Mejorar la gestión aérea y la portuaria iv) Facilitar el comercio exterior a través de los pasos de frontera
	3. Respetar el medio ambiente	
	4. Garantizar la seguridad vial	
Estudios		

Plan Estratégico de Transporte (2000)	1. Contribuir a aumentar el nivel de empleo 2. Fomentar el comercio exterior 3. Impactar positivamente a la población en regiones de conflicto	i) Mejorar los corredores de integración nacional que conectan las capitales departamentales ii) Mejorar los corredores que brindan acceso a nuevas áreas de desarrollo iii) Mejorar los corredores que contribuyen al desarrollo del comercio internacional
REDI (2004)		i) Minimizar los costos logísticos ii) Resolver cuellos de botella iii) Hacer mantenimiento y rehabilitación de las principales vías y secundarias iv) Impulsar la red vial terciaria v) Fortalecer la contratación de concesión vi) Revisar los lineamientos de la política de transporte urbana
Transporte como Soporte al Desarrollo de Colombia		i) Promover el Sistema Nacional de Dobles Calzadas (SNDC) para atender la creciente demanda de carga y pasajeros por carretera y complementar los otros modos de transporte
Ministerio de		i) Mejorar la institucionalidad

Transporte - BID (2010)		del sector a través de una reforma al Ministerio de Transporte y sus entidades adscritas ii) Establecer un marco regulatorio para el sector
----------------------------	--	---

Fuente:” Elaboración de Fedesarrollo con base en el marco regulatorio, el PND2010-2014 y estudio seleccionados”. ¹⁷⁸

“Se pueden destacar aspectos como la necesidad de minimizar los costos logísticos ante los tratados de libre comercio con Estados Unidos y otros, lo que le permitiría a los productores colombianos ser más competitivos en los mercados internacionales. Se resalta la importancia de algunos proyectos en la solución de cuellos de botella que se presentan en la malla de transporte, entre los que se encuentra el túnel de La Línea, la ampliación del puerto de Buenaventura, la optimización del corredor Bogotá – Buenaventura y el mejoramiento de la navegabilidad del río Magdalena, entre otros. También se recalcó la importancia de la rehabilitación y el mantenimiento de las principales carreteras nacionales, la importancia de atender las vías secundarias e incluso, del apoyo que debía brindarse al fortalecimiento de la red terciaria en las áreas rurales del país. Igualmente se da principal importancia a la ampliación y agilización de la capacidad aeroportuaria, así como a las potencialidades que aporta el desarrollo del sistema férreo. Se tiene en cuenta también lo referente a al transporte urbano y su racionalización”. ¹⁷⁹

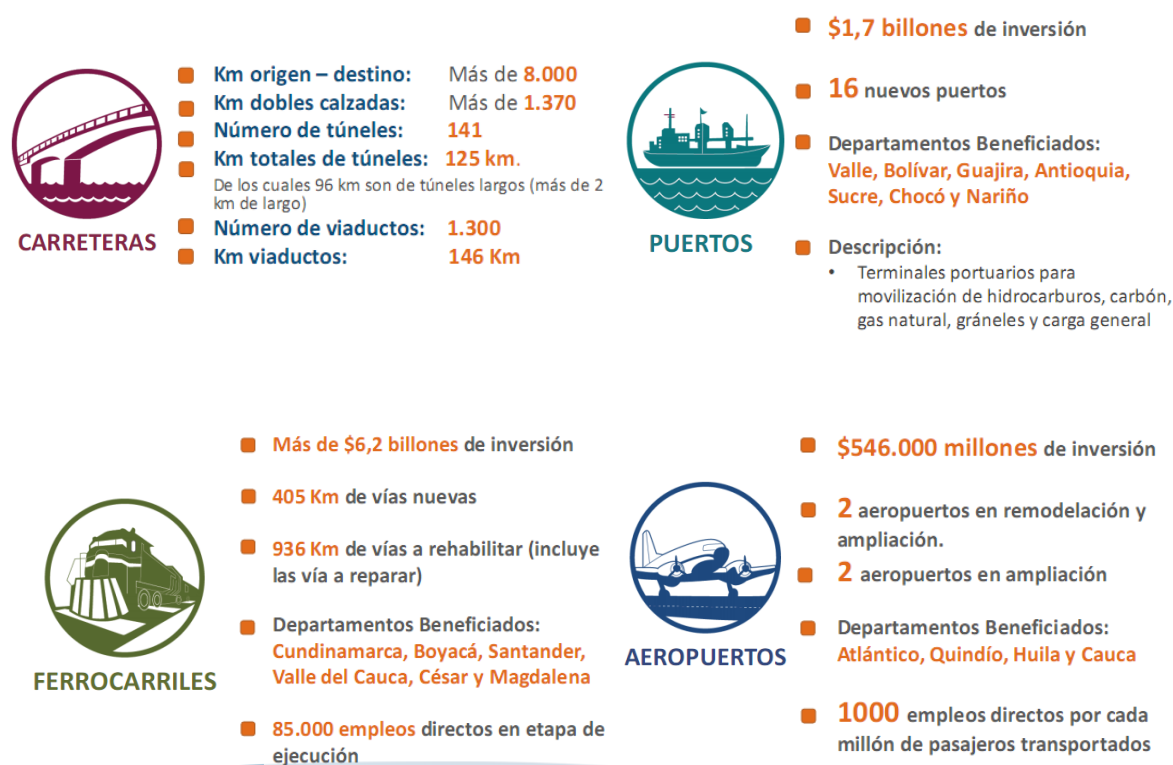
Frente a todas esas proyecciones, y considerando la problemática de la contratación que se ha tenido en los años anteriores, el gobierno dispuso la estrategia de las concesiones de Cuarta Generación que generan mayor fluidez en la contratación y ejecución de los proyectos de infraestructura, al cambiar las

¹⁷⁸ Ospina, Germán y Otros. Indicadores del sector de transporte en Colombia. Bogotá: Fedesarrollo. 2013.

¹⁷⁹ Ospina, Germán y Otros. Indicadores del sector de transporte en Colombia. Bogotá: Fedesarrollo. 2013.

condiciones de la estructura de financiación, disminuyendo problemas trámites de contratación, eficiencia en el flujo de dineros públicas, y de corrupción en estos procesos: Con ello se podrán abordar metas ambiciosas y lograr beneficios como los señaladas en la gráfica 6.

Gráfica 6. Proyección de obras en Colombia con la contratación de Cuarta Generación



Fuente: “Agencia Nacional de Infraestructura”.¹⁸⁰

“La Cuarta Generación de Concesiones se prevé como el programa de infraestructura vial que le permitirá al país desarrollarse aceleradamente, aumentando su competitividad para actuar en el comercio global, y favoreciendo la calidad de vida de colombianos. Entre sus efectos esperados están: un efecto multiplicador de 1,5 % aproximadamente en el PIB durante los años de

¹⁸⁰ Cuarta Generación de Concesiones. (en línea). Consultado en, septiembre 1o de noviembre, disponible en: <http://www.infraestructura.org.co/10congreso/aplicacion/qr/descargas/miercoles/tarde/andrade.pdf>

construcción; un crecimiento potencial del PIB de 4,6% a 5,3% en el largo plazo; y la reducción en la tasa de desempleo en el largo plazo en 1%”.¹⁸¹

Cabe anotar que entre los datos globales de esta estrategia están:

- “Más de 40 nuevas concesiones
- Se transformarán 8.000 km de vías , con más de 1.200 km en doble calzada para llegar a un total de 3.500
- Inversión de más de \$47 Billones de pesos
- La obras llevarán desarrollo y trabajo a 24 departamentos y generarán más de 180.000 empleos directos en etapa de construcción”.¹⁸²

Como se puede apreciar, el proceso expansivo de la infraestructura colombiana parece convertirse en una realidad en los próximos años. Ahora, si a esto se agrega que la minería y el energía (en donde los ingenieros civiles realizan importantes aportes) son sectores que se han convertido en líderes de la dinámica económica nacional, se puede inferir que la ingeniería civil tiene una responsabilidad muy importante para el desarrollo de Colombia, pues la expansión de todas esas áreas de desarrollo económico y social, requiere la presencia activa y preponderante, en término cuantitativos y cualitativos, de los profesionales de esta disciplina.

Teniendo en cuenta el panorama que se ha presentado acerca de los requerimientos del sector de infraestructura colombiano, y los demás aspectos sobre los desafíos mundiales para la ingeniería civil, destacados en el capítulo anterior, se presenta a continuación una serie de elementos que manifiestan las necesidades de formación que actualmente se presentan para esta profesión en el

¹⁸¹ Ibid., p.2

¹⁸² Cuarta Generación de Concesiones (en línea). Consultado en, septiembre 1o de noviembre, disponible en: <http://www.infraestructura.org.co/10congreso/aplicacion/qr/descargas/miercoles/tarde/andrade.pdf>

contexto nacional, pero contando con la proyección internacional de esta disciplina.

6.2 NECESIDADES DE FORMACIÓN DE LOS INGENIEROS CIVILES COLOMBIANOS

Teniendo en cuenta los escenarios ocupacionales que se presentan actualmente para los profesionales colombianos de esta disciplina y que se proyectan para los próximos años en el país y en el mundo, a continuación se hace una descripción de los principales elementos que debe considerar las distintas facultades de ingeniería para sus programas de Ingeniería civil. De esta manera se busca que puedan responder adecuadamente a los requerimientos y desafíos que se han descrito en los apartados y anteriores.

Vale reiterar que en la actualidad el país afronta el reto de sacar de su atraso al sector de infraestructura, para lo cual, las autoridades gubernamentales han puesto en ejecución la estrategia de contratación de Cuarta Generación, que ayuda a hacer más fluido y eficiente el desarrollo de la contratación y ejecución de grandes proyectos, con un sistema de financiación que favorece estos objetivos. También vale reiterar que la cantidad de ingenieros civiles que se han graduado en la última década puede ser deficitaria frente a las exigencias que va a tener el escenario ocupacional, conforme se expuso en el capítulo cuarto.

Por lo tanto, además de los aspectos del perfil profesional que se plantean en este apartado, es necesario tener en cuenta que las facultades deben idear estrategias para atraer más estudiantes para realizar ésta carrera, de manera que no sólo se aborde el tema de los aspectos cualitativos de la formación, sino que el campo de lo cuantitativo también responde a las exigencias de la dinámica en el mercado laboral colombiano.

“Consecuente con todo lo anterior la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI), para identificar un perfil adecuado para la formación de ingenieros civiles en Colombia, plantea que se deben considerar las tendencias mundiales, regionales y nacionales sobre los desafíos y la función que debe acometer esta disciplina, tal como se describió en la primera parte del capítulo anterior. Además, se deben tener en cuenta los requerimientos puntuales del país en materia de infraestructura, como los aspectos abordados en el apartado anterior; e igualmente, deben observarse aspectos tales como el desarrollo de la ciencia y la tecnología, y el grado de desarrollo económico y social del país. Pero todo ello debe plantearse con una visión prospectiva, tratando de visualizar al menos dos décadas adelante, para así identificar el tipo de profesional que necesita el país para alcanzar los objetivos del caso. Puntalmente, ACOFI plantea que las escuelas de ingeniería civil deben desarrollar en los futuros profesionales los siguientes cuatro aspectos: un enfoque sistémico del mundo, la capacidad de pensar, la experimentación y el trabajo en equipo”.¹⁸³

“Al hablar del enfoque sistémico se alude a identificar las tendencias mundiales de competitividad, así como de crecimiento científico y tecnológico, para saber la situación relativa del país en esos campos, y actuar en consecuencia para un mayor desarrollo y adaptabilidad de los profesionales nacionales frente al mundo. También se requiere la capacidad analítica apropiada para la innovación y el rol proactivo frente a las problemáticas que se presentan como desafíos a su capacidad profesional. Se debe completar el conocimiento teórico con lo práctico, basado en la experimentación que afiance sus bases conceptuales y le aproxime a la investigación, fuente de nuevos conocimientos aplicables a problemáticas específicas. En cuanto al trabajo en equipo, se alude a la interdisciplinariedad, que es una característica de los ámbitos laborales en todos los proyectos, en especial los de mayor innovación y alcance, por lo que su capacidad de comunicación y

¹⁸³ ACOFI. Contextos programáticos básicos para ingeniería civil. Bogotá: ACOFI, 2006. P.95

coordinación se hace fundamental en tales escenarios”.¹⁸⁴

Según ACOFI, la preparación de los ingenieros civiles colombianos debe incluir de manera prioritaria una serie de características singulares que les ofrece el entorno actual y que a continuación se describen.

- **Producción mundial para un mercado mundial.** “Se precisa una concepción global de la producción y conciencia de la forma como la demanda gobierna al mercado. La producción se personaliza, por oposición al modelo de producción masificada que la caracterizó hasta hace unos años. En países como Colombia la promoción de exportaciones para alcanzar cotas importantes en los mercados mundiales debe estar acompañada del incremento de la dinámica del mercado interno, Para la ingeniería civil nacional seguirá siendo un compromiso fundamental la construcción de infraestructura y la atención de necesidades básicas para facilitar los flujos comerciales, y particularmente, la incorporación al mercado de la población pobre del país”.¹⁸⁵
- **Competencia mundial.** “En esta competencia participan las empresas pero también lo hacen los países. Las primeras son el centro de la competencia, pero sin obras de infraestructura, vías y puertos adecuados, sin comunicaciones usuarias de los más recientes avances tecnológicos, por eficientes que pudieran ser las empresas, no pueden competir. Entonces la tarea de los ingenieros civiles está íntimamente relacionada con la preparación física del país para que sus empresas puedan afrontar la competencia internacional, sin ofrecer desventaja por las deficiencias y atrasos de su estructura de soporte”.¹⁸⁶

¹⁸⁴ ACOFI. Contextos programáticos básicos para ingeniería civil. Bogotá: ACOFI, 2006. P.95

¹⁸⁵ Ibid., p.95

¹⁸⁶ Ibid, p. 96

- **Uso intensivo del conocimiento.** “El incremento en la componente intangible del valor agregado a los productos y la expansión de los servicios como fuente de ingreso para los individuos, las empresas y los países, señala horizontes especialmente llamativos para la ingeniería civil. Así mismo, la combinación equilibrada de los avances tecnológicos universales con los materiales y saberes locales, puede ofrecer alternativas interesantes para los ingenieros, en áreas tales como la construcción de vivienda, el empleo de materiales ecológicamente amistosos, la gestión energética, entre otros”.¹⁸⁷
- **Vinculación mayor de la universidad con el sector productivo.** “Las alianzas entre las universidades y diversos sectores de la sociedad se extienden por todo el mundo, particularmente por las regiones del planeta donde ambos sectores son fuertes y exhiben trayectorias coincidentes en beneficios inmediatos ni esquemas de crecimiento milagroso. No obstante, ni el sector productivo traicionen sus vocaciones respectivas, será común la asociación entre el conocimiento y la industria. En lo referente a las áreas de desarrollo en ingeniería civil, virtualmente todos sus campos y especializaciones son potencialmente aptos para intentar acercarse a la industria y procurar beneficios mutuos, que son – en últimas – beneficios sociales. Esto supone una formación hacia la gestión empresarial como una dimensión adicional en la preparación de los ingenieros civiles, reforzando la componente administrativa y financiera de los programas”.¹⁸⁸
- **Uso intensivo de las comunicaciones.** “La vida diaria, las rutinas domésticas y laborales se han visto afectadas por esta expansión colosal de las comunicaciones, y en consecuencia, resulta indudable que los

¹⁸⁷ Ibid, p. 96

¹⁸⁸ Ibid., p.97

métodos de enseñanza sufrirán, de hecho ya están sufriendo, un contundente impacto. Probablemente sea la ingeniería una de las disciplinas más susceptibles, de tal suerte que puede suceder que ofrezcan trozos de conocimiento, incluso sin utilidad para su empleo a corto plazo. La repercusión de todos estos cambios en la ingeniería civil es inobjetable, dado que las obras se diseñan, dimensionan y construyen para ser usadas en el futuro, y ese futuro es fuertemente dinámico, concebido en un ambiente de trabajo remoto, a través de redes universales de computadores, centros de trabajo remoto y periodos de obsolescencias cada vez más cortos para la tecnología de las comunicaciones y los computadores”.¹⁸⁹

- **Producción sostenible.** “Es una de las mayores responsabilidades de la ingeniería civil, y desde luego plantea modificaciones de fondo en la formación de los nuevos profesionales. A ellos corresponderá preservar los recursos naturales de las generaciones futuras mientras disponen la infraestructura adecuada para satisfacer las necesidades de la sociedad actual. La ingeniería civil tiene una gran responsabilidad social en este compromiso de equilibrio entre la protección de los recursos naturales y la satisfacción de las necesidades básicas de la población desprotegida”.¹⁹⁰
- **Una nueva cultura organizacional.** “Las organizaciones verticales, de jerarquías rígidas y normatividad inflexible están en abierto descenso, mientras se privilegia y promueve el trabajo en equipo a través de organizaciones con menos instancias decisiones, más comunicación, y más delegación de responsabilidad y recursos. En Colombia no existe cultura del trabajo en equipo, y esto puede interpretarse como resultado de modelos educativos en los cuales predomina el culto de individualismo

¹⁸⁹ Ibid., p. 97

¹⁹⁰ Ibid., p. 97

promovido por un esquema aprendido en el aula desde los niveles básicos de la educación. Es imperativo modificar los patrones de formación, para estimular el trabajo en equipo, el uso solidario de la tecnología y la apropiación colectiva de los nuevos conocimientos”.¹⁹¹

Todos estos aspectos deben ser líneas prioritarias en la formación del ingeniero civil colombiano para estar alineado con las exigencias del entorno nacional y mundial. Como se ha reiterado en los últimos capítulos, uno de los fenómenos que trae la globalización es el flujo internacional de mano de obra y talento humano, por lo que los ingenieros colombianos pueden exponerse a un ámbito de fácil, continuo y constante intercambio laboral con otras naciones. Pueden llegar ingenieros de otras nacionalidades, y salir los colombianos a otras latitudes.

De manera, que la formación de los ingenieros civiles colombianos no sólo debe atender las exigencias del mercado nacional, sino que debe considerar lo que a nivel internacional se requiere. En este aspecto resulta pertinente traer algunas de las principales recomendaciones surgidas de la Cumbre sobre el futuro de la Ingeniería de 2009, que plantea los requerimientos para esta profesión en los siguientes años. Entre ellos se destaca que:

“Con el mandato de la sociedad de crear un mundo sostenible y mejorar la calidad de vida global, los ingenieros civiles deben servir como maestros planificadores, diseñadores, constructores y operarios del motor económico y social de la sociedad: el medio ambiente construido; custodios del medio ambiente natural y sus recursos; innovadores e integradores de ideas y tecnología en los sectores público, privado y académico; gestores de riesgos y de incertidumbres causados por acontecimientos naturales, accidentes y otras amenazas; y líderes en la conformación de la

¹⁹¹ Ibid., p.98

política pública ambiental y de infraestructuras”.¹⁹²

Coherente con esto, la formación de estos profesionales debe considerar la construcción de destrezas que hacen referencia a la capacidad de realizar las tareas. En tal sentido, en el ingeniero civil se deben promover destrezas como:

- “Aplicar instrumentos básicos de la ingeniería, como el análisis estadístico, los modelos informáticos, los códigos y normas de diseño y los métodos de supervisión de proyectos
- Aprender, evaluar y dominar las nuevas tecnologías con el fin de mejorar la efectividad y eficiencia individual y de la organización
- Colaborar en equipos tradicionales y virtuales de naturaleza intradisciplinar, interdisciplinar y multidisciplinar
- Gestionar tareas, proyectos y programas para ofrecer los resultados previstos, dentro del presupuesto, el calendario u otras limitaciones
- Liderar formulando y articulando mejoras ambientales, de infraestructuras y de otra índole y propiciar consensos aplicando la inclusión, la empatía, la compasión, la persuasión, la paciencia y el pensamiento crítico”.¹⁹³

Estas destrezas se deben complementar con unas actitudes que reflejen los valores del individuo y determinen cómo percibe, interpreta y se plantea el mundo. Entre las actitudes conducentes a una práctica profesional efectiva se plantean las siguientes:

- “Creatividad y carácter emprendedor, lo que conduce a la identificación activa de posibilidades y oportunidades y la toma de acciones para desarrollarlas

¹⁹² American Society of Civil Engineers. La visión para la ingeniería civil en 2025. Boston, ACSE. 2009. P.15. Consultado en junio 3 de 2014, disponible en: http://www.ingenieria-civil.org/pdfs/Vision_2025.pdf

¹⁹³ Ibid., p. 17.

- Compromiso con la ética, metas personales y de la organización y equipos y organizaciones que merecen la pena
- Curiosidad, que es la base para el aprendizaje continuo, los nuevos planteamientos, el desarrollo de nuevas tecnologías o aplicaciones innovadoras de tecnologías existentes y nuevas iniciativas
- Honestidad e integridad, diciendo la verdad y manteniendo su palabra.
- Optimismo frente a los desafíos y reveses, reconociendo el poder inherente de la visión, el compromiso, la planificación, la tenacidad, la flexibilidad y el trabajo en equipo
- Respeto y tolerancia de los derechos, valores, opiniones, propiedad, posesiones y sensibilidades de los demás
- Minuciosidad y autodisciplina en la preservación de las implicaciones de seguridad, higiene y bienestar de la población en los proyectos de ingeniería y el alto grado de interdependencia dentro de los equipos de proyecto y entre los equipos y las partes interesadas”.¹⁹⁴

Las destrezas señaladas, en coherencia con las actitudes desarrolladas en el ejercicio de la profesión se deben fundamentar en los conocimientos asimilados en el aula y el ejercicio investigativo. Al respecto, la mencionada Cumbre plantea los siguientes como los principales conocimientos que deben guiar los procesos de formación:

- “Matemáticas, física, química, biología, mecánica y materiales, que son la base de la ingeniería
- Diseño de estructuras, instalaciones y sistemas
- Riesgo/incertidumbre, como detección de riesgos, tipos y probabilidad, basados en datos y en conocimientos y estadística
- Sostenibilidad, en sus vertientes social, económica y física

¹⁹⁴ American Society of Civil Engineers. La visión para la ingeniería civil en 2025. Boston, ACSE. 2009. P.18. Consultado en junio 3 de 2014, disponible en: http://www.ingenieria-civil.org/pdfs/Vision_2025.pdf

- Política pública y Administración, incluidos elementos como el proceso político, leyes y regulaciones y mecanismos de financiación
- Rudimentos empresariales, como las formas jurídicas de la propiedad, beneficio, declaraciones de ingresos y balances, decisiones o economía y marketing de la ingeniería
- Ciencias sociales, incluidas económicas, historia y sociología
- Conducta ética, incluidas confidencialidad del cliente, códigos éticos dentro y fuera de las sociedades de ingeniería, prácticas anticorrupción y diferencias entre requisitos legales y expectativas éticas y la responsabilidad de la profesión de anteponer la seguridad, higiene y bienestar de la población”.¹⁹⁵

En coherencia con lo anterior, y teniendo en cuenta la realidad colombiana, ACOFI considera que los ingenieros civiles deben responder un perfil profesional basado en las siguientes competencias o capacidades:

- Elaborar proyectos de vías de comunicación terrestre y dirigir su construcción.
- Diseñar, calcular y preparar especificaciones técnicas de estructuras de edificaciones y obras civiles de concreto acero y otros materiales, destinados a vivienda, industria u otros usos.
- Diseñar y dirigir la construcción de obras de saneamiento urbano y rural; abastecimiento de agua; recolección, tratamiento y disposición final de aguas residuales.
- Elaborar presupuestos de obra. Programas de ejecución y control de inversiones.
- Efectuar estudios y diseños relacionados con el uso de los suelos y rocas como medio de soporte y fuente de materiales.

¹⁹⁵ American Society of Civil Engineers. La visión para la ingeniería civil en 2025. Boston, ACSE. 2009. P.16. Consultado en junio 3 de 2014, disponible en: http://www.ingenieria-civil.org/pdfs/Vision_2025.pdf

- Participar en planeación de usos de la tierra, ordenamiento urbano y adecuación de terrenos.

A todos estos aspectos, que deben tener en cuenta para la formación de los nuevos ingenieros civiles encargados de convertir en soluciones reales, desde sus competencias profesionales, las necesidades que tiene Colombia en materia de infraestructura, se pueden adicionar otros que complementan lo expuesto.

En primer lugar, es necesario que los ingenieros civiles permanezcan en un proceso de actualización constante que les aporte el conocimiento de los continuos cambios tecnológicos que se desarrollan en las diferentes áreas de la disciplina. En segundo lugar, la especialización es una opción válida y que puede ser muy consecuente para poder aportar en campos muy específicos de las necesidades en los diversos proyectos que se están emprendiendo en el país. En tercer lugar, dichas especializaciones deben ser un foco de interés y de acción de las facultades, en donde se tengan en cuenta la actualidad y las perspectivas en cuanto a la dinámica del desarrollo concreto que tiene el país. Finalmente, la interdisciplinariedad es un aspecto que cada vez forma parte más contundente en el ámbito de trabajo de los ingenieros civiles, por lo que los pregrados y especializaciones deben considerar los aspectos necesarios para que haya una fluida labor de equipo en los diversos proyectos que los profesionales deban acometer, particularmente, en Colombia.

CONCLUSIONES

Desde la antigüedad, civilizaciones como los egipcios, los sumerios, los asirios, los griegos y los romanos, entre otros, han forjado la historia de la evolución de la ingeniería, con obras que son reales hitos de esta disciplina, como las pirámides egipcias, las vías y acueductos romanos, entre los múltiples inventos y creaciones sobre las que se ha construido el desarrollo del mundo moderno. Es así como en el siglo XX y en la actualidad, la ingeniería civil llega a lograr un protagonismo importante en diferentes frentes del mundo y del país. En Colombia, obras como los sistemas de vías carreteables y ferroviarias, la expansión industrial, y demás componentes de la infraestructura nacional incluyen la presencia de esta ingeniería.

Esto ayudó a que durante el siglo XX la presencia de la ingeniería civil fuera en ascenso. Sin embargo, la recesión económica que azotó al país en 1999, influyó para generar un declive en la cantidad de graduados de esta profesión. Aunque la cantidad de egresados de las facultades ha seguido aumentando desde ese año no ha crecido el volumen como otras ingenierías, en lo referente al periodo de 2001 al 2012. Esto manifiesta la posibilidad de que no haya equilibrio entre la oferta de estos profesionales frente a la demanda; o sea, que pueda haber en la actualidad o en un futuro cercano un déficit frente a las necesidades del mercado.

Por otra parte, la evolución de los ingenieros civiles ingresados al sector formal ha ido en crecimiento hasta llegar al 94,4% en el 2011, lo cual reafirma la situación de que los ingenieros que se van graduando van siendo absorbidos por el mercado laboral, expresando el déficit señalado. Esto implica que la cantidad de egresados de esta ingeniería no se incrementa al mismo ritmo que la demanda, lo que puede generar preocupación si se tiene en cuenta el crecimiento que comienza acentuarse en el sector de infraestructura y sus perspectivas inmediatas.

La construcción de infraestructura fue duramente impactada por la crisis económica de 1999, especialmente influida por la baja inversión del sector de obras civiles; sin embargo, desde 2005 se cambió esa tendencia y comienza una fase expansiva para las obras civiles. Esto abre muchas posibilidades, pues este sector tiene un gran rezago considerando diversos indicadores a nivel internacional. Políticas específicas del gobierno para el sector como la contratación de Cuarta Generación, que hará mucho más fluida la contratación y ejecución de las grandes obras que el país debe acometer en este campo.

Frente a esta situación, se requiere que la formación de ingenieros civiles tenga en cuenta el contexto colombiano, así como lo que ocurre en el exterior, pues la globalización genera una interdependencia mucho más tangible en todos los campos. Con referencia a la forma en que las universidades más importantes del mundo, en cuanto a ingeniería civil, desarrollan en sus programas para adaptarse a las exigencias del mundo, hay una serie de características que tienden a ser comunes en la mayoría, como es el caso de: 1) la consideración de los factores ambientales y de desarrollo sostenible como parte integral de los procesos que debe abordar el ingeniero civil; 2) la inclusión de los desarrollos tecnológicos en diversos campos de la profesión, como lo referente a los nuevos materiales y esquemas estructurales, e igualmente la aplicación de las tecnologías informáticas como instrumento fundamental para el mejoramiento productivo y de la calidad en los diversos tipos de procesos que se acometen; y 3) los procesos investigativos como instrumento de la generación de nuevos conocimientos de los diversos campos que encierra la disciplina, y que permiten también la experimentación como mecanismo de formación de los profesionales.

Otras tendencias formativas que son coherentes con los retos del desarrollo de la infraestructura a nivel mundial, incluyen aspectos especializados como: 1) los casos en que la orientación hacia el tema ambiental es de tanta importancia que,

en algunos casos, el propio nombre de la carrera cambia, llamándose “ingeniería civil y ambiental”; 2) los casos en que la carrera se especializa en el desarrollo de obras civiles en el entorno urbano, lo que hace que se consideren principalmente esos espacios y los tipos de estructuras que le son pertinentes, e igualmente, las problemáticas singulares que deben resolverse en ese ámbito; y 3) la integración de la ingeniería civil con la ingeniería de minas, en los países en que el desarrollo del sector minero es tal que dimensión que la formación en ingeniería civil de una vez prepara a los profesionales para tener competencias más especializadas para ese tipo de actividades y proyectos.

Considerando todos estos aspectos, la formación de ingenieros civiles en Colombia debe tener en cuenta factores que son propios de la dinámica internacional, que deben ser referenciados por la profesión como son: 1) la producción mundial para un mercado mundial; 2) la competencia mundial; 3) el uso intensivo del conocimiento; 4) la vinculación mayor de la universidad con el sector productivo; 5) el uso intensivo de las comunicaciones; 6) la producción sostenible; y 6) la nueva cultura organizacional.

Estos aspectos implican que la formación del ingeniero civil busque fomentar destrezas como: Aplicar instrumentos básicos de la ingeniería, como el análisis estadístico, los modelos informáticos, los códigos y normas de diseño y los métodos de supervisión de proyectos; Aprender, evaluar y dominar las nuevas tecnologías con el fin de mejorar la efectividad y eficiencia individual y de la organización; Colaborar en equipos tradicionales y virtuales de naturaleza intradisciplinar, interdisciplinar y multidisciplinar; Gestionar tareas, proyectos y programas para ofrecer los resultados previstos, dentro del presupuesto, el calendario u otras limitaciones; Liderar formulando y articulando mejoras ambientales, de infraestructuras y de otra índole y propiciar consensos aplicando la inclusión, la empatía, la compasión, la persuasión, la paciencia y el pensamiento crítico.

Igualmente, la eficacia del cometido de los ingenieros civiles se fundamenta en las actitudes que desde las universidades se les promuevan, como son: la Creatividad y carácter emprendedor, el Compromiso con la ética, la Curiosidad, la Honestidad; el Optimismo frente a los desafíos y reveses, el Respeto y tolerancia; y finalmente, la Minuciosidad y autodisciplina en la preservación de las implicaciones de seguridad, higiene y bienestar de la población.

RECOMENDACIONES

Entre las recomendaciones que han surgido de la investigación se pueden mencionar:

- En primer lugar, es necesario que los ingenieros civiles permanezcan en un proceso de actualización constante que les aporte el conocimiento de los continuos cambios tecnológicos que se desarrollan en las diferentes áreas de la disciplina.
- En segundo lugar, la especialización es una opción válida y que puede ser muy consecuente para poder aportar en campos muy específicos de las necesidades en los diversos proyectos que se están emprendiendo en el país. En tercer lugar, dichas especializaciones deben ser un foco de interés y de acción de las facultades, en donde se tengan en cuenta la actualidad y las perspectivas en cuanto a la dinámica del desarrollo concreto que tiene el país.
- Finalmente, la interdisciplinariedad es un aspecto que cada vez forma parte más contundente en el ámbito de trabajo de los ingenieros civiles, por lo que los pregrados y especializaciones deben considerar los aspectos necesarios para que haya una fluida labor de equipo en los diversos proyectos que los profesionales deban acometer, particularmente, en Colombia.

BIBLIOGRAFÍA

ACOFI. Contextos programáticos básicos para ingeniería civil. Bogotá: ACOFI, 2006.

American Society of Civil Engineers. La visión para la ingeniería civil en 2025. Boston, ACSE. 2009. P.15. Consultado en junio 3 de 2014, disponible en: http://www.ingenieria-civil.org/pdfs/Vision_2025.pdf

Báteman, Jaime. La reglamentación profesional de la ingeniería en Colombia (en línea). Consultado en junio 10 de 2014, disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/acodal42/profesional.pdf>

Castañón, Angélica. Ingeniería Ambiental (en línea) Consultado en mayo 15 de 2014, disponible en: <http://es.scribd.com/doc/20252104/Ingenieria-Ambiental-conceptos>

Colombia tiene un atraso de 15 años en materia de infraestructura. 25 de Marzo de 2014. (en línea). Consultado en, septiembre 1o de noviembre, disponible en: <http://www.vanguardia.com/economia/nacional/252536-colombia-tiene-un-atraso-de-15-anos-en-materia-de-infraestructura>

Cuarta Generación de Concesiones (en línea). Consultado en, septiembre 1 de noviembre, disponible en: <http://www.infraestructura.org.co/10congreso/aplicacion/qr/descargas/miercoles/tarde/andrade.pdf>

Definición de la carrera de Ingeniería Forestal (en línea) Consultado en mayo 15 de 2014, disponible en:

http://www.esPOCH.edu.ec/Descargas/Pensum/WEB_FORESTAL_62a07.pdf

Departamento de ingeniería civil (en línea). Consultado en junio 2 de 2014, disponible en:

http://es.wikiversity.org/wiki/Departamento_de_Ingenier%C3%ADa_Civil

El sector de la construcción en Colombia: hechos estilizados y principales determinantes del nivel de actividad - Departamento de Estudios Económicos de CAMACOL Agosto de 2008. P.9. (en línea) Consultado en agosto 15 de 2014, disponible en:

http://camacol.co/sites/default/files/secciones_internas/EE_Inv20081119101141_0.pdf

Escasez de ingenieros en Colombia, reconocen sectores académico y productivo. (en línea) Consultado en agosto 15 de 2014, disponible en:

<http://cesiq.univalle.edu.co/html/modules.php?name=News&file=article&sid=220>

Escuelas de ingeniería civil en Estados Unidos. (en línea) Consultado en agosto 25 de 2014, disponible en: http://www.ehowenespanol.com/escuelas-estados-unidos-ofrecen-ingenieria-civil-info_403832/

Fedesarrollo. Análisis y perspectivas del desempleo en los últimos 12 años. (en línea) Consultado en agosto 15 de 2014, disponible en:

<http://www.fedesarrollo.org.co/wp-content/uploads/2011/08/An%C3%A1lisis-y-perspectiva-del-desempleo-en-los-%C3%BAltimos-12-a%C3%B1os-INFF-201001004.pdf>

Fundamentos de ingeniería (en línea). Consultado en mayo 15 de 2014, disponible en: <http://ing.unne.edu.ar/dep/eol/fundamento/tema/T3.pdf>

Gaviria, Álvaro. Evolución histórica de la Universidad de Antioquia. (en línea).

Consultado en junio 2 de 2014, disponible en:

<http://ingenieria.udea.edu.co/historia.html>

González, Álvaro. Desarrollo e Inserción Social de la Ingeniería Civil en Colombia.

Bogotá: Fondo Nacional De Proyectos de Desarrollo Misión de Ciencia y

Tecnología. 1989.

Herrera, Mario. Tarjeta profesional de Ingeniería. Consultado en junio 10 de 2014, disponible en:

[http://www.copnia.gov.co/resources/uploaded/files/DISCIPLINARIO/CONCEPTOS/](http://www.copnia.gov.co/resources/uploaded/files/DISCIPLINARIO/CONCEPTOS/NAL-CE-2011-00838%20-)

[NAL-CE-2011-00838%20-%20Prueba%20del%20ejercicio%20legal%20tarjeta%20o%20certificado.pdf](http://www.copnia.gov.co/resources/uploaded/files/DISCIPLINARIO/CONCEPTOS/NAL-CE-2011-00838%20-%20Prueba%20del%20ejercicio%20legal%20tarjeta%20o%20certificado.pdf)

Imperial College London (en línea). Consultado en, septiembre 1 de 2014,

disponible en: <http://www3.imperial.ac.uk/civilengineering/aboutus>

Infraestructura (en línea) Consultado en agosto 18 de 2014, disponible en:

<http://datos.bancomundial.org/tema/infraestructura>

Ingeniería (en línea). Consultado en mayo 15 de 2014, disponible en:

<http://ing.unne.edu.ar/dep/eol/fundamento/tema/T3.pdf>

Ingeniería agrícola (en línea). Consultado en mayo 15 de 2014, disponible en:

<http://www.estudiar.edu.pe/universidades/36-carreras-universitarias/606-ingenieria-agricola.html>

Ingeniería Agroindustrial (en línea) Consultado en mayo 15 de 2014, disponible

en: <http://ingagroiuut.blogspot.com/>

Ingeniería de alimentos (en línea) Consultado en mayo 15 de 2014, disponible en

http://www.ecured.cu/index.php/Ingenier%C3%ADa_en_alimentos

Ingeniería de minas (en línea) Consultado en mayo 15 de 2014, disponible en:
<http://prezi.com/smqzsdrmb4f/ingenieria-de-minas/>

Ingeniería de petróleos. (en línea) Consultado en mayo 15 de 2014, disponible en:
<http://es.scribd.com/doc/34017268/Ingenieria-del-Petroleo>

Ingeniería de sistemas (en línea) Consultado en mayo 15 de 2014, disponible en:
<http://www.iingen.unam.mx/es-mx/Investigacion/Especialidad/Paginas/IngenieriaDeSistemas.aspx>

Ingeniería eléctrica (en línea). Consultado en mayo 15 de 2014, disponible en:
<http://ingenierosprofesionales.net/ingenieria-electrica/>

Ingeniería geológica (en línea) Consultado en mayo 15 de 2014, disponible en:
http://enciclopedia_universal.esacademic.com/158155/ingenier%C3%ADa_geol%C3%B3gica

Ingeniería hidráulica (en línea). Consultado en mayo 15 de 2014, disponible en:
<http://ingenieria-hidraulica.blogspot.com/2013/01/introduccion.html>

Ingenieros mecánicos (en línea) Consultado en mayo 15 de 2014, disponible en:
<http://www.ingenierosmecanicos.org/definicion.htm>

Ingeniería metalúrgica. (en línea). Consultado en mayo 15 de 2014, disponible en:
<http://www.laingenieria.utn.edu.ar/content/ingenieria-metalurgica>

Ingeniería naval (en línea) Consultado en mayo 15 de 2014, disponible en:
http://orientacion.universia.net.co/carreras_universitarias/ingenieria-naval-61.html

Instituto Nacional de Tecnología e Ingeniería de Argentina. Historia de la ingeniería (en línea). P. 1. Consultado en mayo 12 de 2014, disponible en:
http://www.inti.gob.ar/cirsoc/pdf/historia_ingenieria/historia.pdf

La ciencia y la ingeniería de materiales (en línea). Consultado en mayo 15 de 2014, disponible en: <https://cieingmat.wordpress.com/tag/metamaterial/>

La ingeniería electromecánica (en línea). Consultado en mayo 15 de 2014, disponible en: <http://ing.unne.edu.ar/dep/eol/fundamento/tema/T3.pdf>

La ingeniería en la vida (en línea). Consultado en mayo 15 de 2014, disponible en: <http://laingenieriaenlavidablogspot.com/p/principales-ramas.html>

Ley 842 de 9 de octubre de 2003, Artículo 1º. Concepto de ingeniería. Consultado en mayo 12 de 2014, disponible en: http://www.mineduacion.gov.co/1621/articles-105031_archivo_pdf.pdf

Mejores ECAES en Ingeniería Civil (en línea). Consultado en, septiembre 1 de noviembre, disponible en: http://www.universidad.edu.co/index.php?option=com_content&task=view&id=128&Itemid=164

Mejores universidades de Canadá (en línea). Consultado en, septiembre 1 de noviembre, disponible en: http://www.ehowenespanol.com/mejores-universidades-ingenieria-civil-canada-lista_416075/

Mejores universidades ingeniería civil del mundo (en línea) Consultado en agosto 25 de 2014, disponible en: http://www.ehowenespanol.com/mejores-universidades-ingenieria-civil-del-mundo-lista_499246/

Observatorio Laboral. Taza de cotización por programas (en línea) Consultado en agosto 15 de 2014, disponible en: <http://www.graduadoscolombia.edu.co:8380/eportal/web/observatorio-laboral/taza-de-cotizacion-por-programas?>

Orientación profesional (en línea) Consultado en mayo 15 de 2014, disponible en:
http://orientacion.universia.net.co/carreras_universitarias/tecnologia-en-telecomunicaciones-139.html

Ospina, Germán y Otros. Indicadores del sector de transporte en Colombia. Bogotá: Fedesarrollo. 2013.

Oveda, R. La Ingeniería en Colombia. Revista Digital Lámpsakos No. 1, 2009..

Podemos erradicar la pobreza. (en línea) Consultado en agosto 18 de 2014, disponible en: <http://www.un.org/es/millenniumgoals/>

Poveda, Gabriel. Ingeniería e historia de las técnicas. Colección Historia Social de la Ciencia en Colombia, Tomos IV. Bogotá, Colciencias.1993. p.39

Poveda, Gabriel. La ingeniería en Colombia. En: Revista Digital Lámpsakos, No. 1, Consultado en junio 16 de 2014, disponible en:
<http://www.funlam.edu.co/revistas/index.php/lampsakos/article/view/752/721>

Programas de ingeniería aprobados (en línea). Consultado en, septiembre 1 de noviembre, disponible en:
<http://www.elcolombiano.com/BancoConocimiento/E/empleadores/empleadores.aspx>

Publimetro. Las perspectivas laborales de los ingenieros **(en línea)** Consultado en agosto 15 de 2014, disponible en: 13/07/2012 <http://noticias.universia.net.co/en-portada/noticia/2012/07/13/950701/perspectivas-laborales-ingenieros.html>

Ramas de la ingeniería (en línea). Consultado en mayo 15 de 2014, disponible en:
http://www.aprendizaje.com.mx/Curso/Introduccion/tema7_ii.htm

Ramas de la ingeniería (en línea), Consultado en mayo 15 de 2014, disponible en:
<http://laingenieriaenlvida.blogspot.com/p/principales-ramas.html>

Reseña sobre la infraestructura. (en línea) Consultado en agosto 18 de 2014, disponible en: <http://www.bancomundial.org/temas/resenas/infraestructura.htm>

S.C.I. Historia (en línea). Consultado en junio 9 de 2014, disponible en: <http://www.sci.org.co/Quienes-somos/Historia.aspx>

San Martín, María. Definición de Ingeniería (en línea). Consultado en mayo 12 de 2014, disponible en: <http://fluidos.eia.edu.co/lecturas/ingenieria.html>

Sanclemente. Carlos. La ingeniería del siglo XX en Colombia (en línea). Consultado en junio 10 de 2014, disponible en: <http://www.banrepcultural.org/node/32378>

¿Se acabaron los Ingenieros Civiles en Colombia? 2008. (en línea) Consultado en agosto 15 de 2014, disponible en: http://www.construdata.com/bancoconocimiento/s/se_acabaron_los_ingenieros_civiles_en_colombia/se_acabaron_los_ingenieros_civiles_en_colombia.asp

Sobre la ingeniería electrónica (en línea) Consultado en mayo 15 de 2014, disponible en: http://ie.coord.usb.ve/index_files/about.html

Technical University Hamburg-Harburg Technology (en línea). Consultado en, septiembre 1 de 2014, disponible en: http://insma.udg.es/ambientalizacio/web_alfastinas/publicacio/04%20Hamburg.pdf

Tendencias y retos de la ingeniería civil. (en línea) Consultado en agosto 18 de 2014, disponible en: <http://blogs.upn.edu.pe/ingenieria/2013/07/09/tendencias-y-retos-de-la-ingenieria-civil/>

Universidad de Antioquia. ¿Qué es la ingeniería? (en línea). Consultado en mayo 12 de 2014, disponible en: http://aprendeonline.udea.edu.co/lms/moodle/file.php/98/Hacer_Ingeniero/Queesi-ingenieria.pdf

Universidad de Berkeley. (en línea) Consultado en agosto 25 de 2014, disponible en: <http://www.ce.berkeley.edu/programs>

Universidad de Stuttgart (en línea). Consultado en, septiembre 1 de 2014, disponible en: <http://www.f02.uni-stuttgart.de/>

Universidad Nacional del Nordeste. Cátedra Fundamentos de Ingeniería. Buenos Aires, 2013. P. 1. Consultado en mayo 12 de 2014, disponible en: <http://ing.unne.edu.ar/dep/eol/fundamento/tema/T3.pdf>

Universidad Nacional del Nordeste. Cátedra Fundamentos de Ingeniería. Buenos Aires, 2013. P. 1. Consultado en mayo 12 de 2014, disponible en: <http://ing.unne.edu.ar/dep/eol/fundamento/tema/T3.pdf>

Universidad Politécnica de Catalunya (en línea). Consultado en, septiembre 1 de 2014, disponible en: http://www.upc.edu/grau/fitxa_grau.php?id_estudi=233&lang=esp

Universidad Tecnológica Nacional. Días de la Ingeniería y del Ingeniero (en línea). Buenos Aires, 2014. Consultado en mayo 10 de 2014, disponible en: <http://www.frbb.utn.edu.ar/utec/utec/33/n1.html>

Valencia, Asdrúbal. La magia y el arte de la ingeniería. En: Revista Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia No. 14 Agosto de 1997. P. 4. Consultado en junio 15 de 2014. Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/29699724/La-Historia-de-La-ingenieria>

Valencia, Darío. Historia de la Ingeniería. Medellín, Universidad de Colombia. 2009. P.14. Consultado en junio 10 de 2014, disponible en: <http://www.valenciad.com/Conferencias/HistIngen.pdf>

Vélez White, Cecilia María. Resultados de las condiciones laborales de los graduados de la educación superior entre 2001 y 2009. Foro de seguimiento a

graduados por sectores productivos. 2010. (en línea) Consultado en agosto 15 de 2014, disponible en:

http://www.colombiaaprende.edu.co/html/directivos/1598/article-235705.html#h2_4

ANEXO A. VALOR DE LA MATRICULA EN LOS PROGRAMAS DE INGENIERÍA CIVIL

Programas de Ingeniería Civil	Matrícula semestral en 2007	Valor 2007 en s.m.l.v.	Matrícula semestral en 2012	Valor 2012 en s.m.l.v.	Aumento de 2007 a 2012 (%)
Universidad de Los Andes	8,165,000	18.83	11,240,000	19.83	37.66
Universidad Javeriana -Bogotá	5,170,000	11.92	7,606,000	13.42	47.12
Escuela de Ingeniería de Antioquia	4,100,000	9.45	5,934,000	10.47	44.73
Universidad EAFIT	4,105,792	9.47	5,823,184	10.28	41.83
Universidad Javeriana - Cali			5,476,000	9.66	
Fundación Universidad del Norte	3,367,800	7.77	5,016,100	8.85	48.94
Universidad Piloto de Colombia - Girardot-			4,099,200	7.23	
Escuela Colombiana de Ingeniería (promedio)			4,090,000	7.22	
Universidad de Medellín			3,967,000	7.00	
Universidad de La Salle	2,419,000	5.58	3,719,000	6.56	53.74
Universidad Antonio Nariño	1,930,000	4.45	3,700,000	6.53	91.71
Universidad Santo Tomás - Bogotá	2,836,000	6.54	3,700,000	6.53	30.47
Universidad UDES - Bucaramanga			3,420,500	6.03	

Universidad Santo Tomás - Tunja			3,375,000	5.96	
Universidad Militar Nueva Granada	2,450,000	5.65	3,343,000	5.90	36.45
Fundación Universitaria del Área Andina -Pereira			3,063,000	5.40	
Universidad Libre -Pereira			3,056,000	5.39	
Fundación Universitaria Agraria de Colombia -Uniagraria-	2,150,000	4.96	3,006,000	5.30	39.81
Universidad Católica de Colombia	2,250,000	5.19	2,980,000	5.26	32.44
Universidad de Ibagué			2,961,000	5.22	
Universidad La Gran Colombia	2,075,300	4.79	2,947,000	5.20	42.00
Universidad de La Costa	1,935,000	4.46	2,730,000	4.82	41.09
Corporación Universitaria Minuto de Dios -Uniminuto-	1,890,000	4.36	2,676,100	4.72	41.59
Corporación Universitaria del Meta Unimeta			2,648,200	4.67	
Fundación Universitaria Internacional del Trópico Americano			2,570,000	4.54	
Universidad Cooperativa de Colombia - Ibagué			2,393,787	4.22	
Universidad Cooperativa de Colombia - Santa Marta			2,277,556	4.02	
Universidad Cooperativa de Colombia - Medellín			2,245,301	3.96	
Universidad Cooperativa de Colombia - Neiva			2,172,198	3.83	
Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia			1,786,100	3.15	

Universidad de Pamplona			1,232,196	2.17	
Universidad del Cauca			417,532	0.74	

ANEXO B. PROGRAMAS DE INGENIERÍA CIVIL CON MEJORES ECAES

Debajo de cada año aparece el número de estudiantes de esa institución que clasificó en el ranking nacional de mejores ECAES. En la columna de sumatoria el total de alumnos aportados por esa institución al ranking nacional.

PROGRAMAS DE INGENIERÍA CIVIL	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	Suma
Universidad Nacional de Colombia -Bogotá-	2	4	7	8	21	11	3	56
Universidad Industrial de Santander	5	8	5	4	5	7	3	37
Universidad de Los Andes	2	4	2	3	6	6	2	25

Universidad de Cartagena		2	1	5	2			10
Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito	2				3			5
Escuela de Ingeniería de Antioquia			1	1	3			16
Universidad del Norte			1	1	3	1		6
Universidad Nacional de Colombia -Medellín-	3			1		4		8
EAFIT	2			2		1		5
Universidad del Quindío	1			1	1	2		5
Universidad Nacional de Colombia - Manizales-			1		1			2
Universidad Javeriana -Bogotá-		1			1	2		37
Universidad del Valle		1	1			1		3
Universidad de Sucre		2				1		3
Universidad Javeriana -Cali-				1		1		2
Universidad Santo Tomás -Bogotá-		1						1
Universidad del Cauca	1					1		2
Universidad Pontificia Bolivariana -Montería-				1				1
Universidad Pontificia Bolivariana - Bucaramanga-					1			1
Universidad de La Salle				1				1
Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia				1		1		13
Universidad Militar Nueva Granada								
Universidad de Medellín					1			1
Universidad Francisco de Paula Santander						1		
Universidad del Magdalena						1		23
	18	23	19	30	48	41	15	194

Fuente: Observatorio Laboral.¹⁹⁶

ANEXO C. PROGRAMAS DE INGENIERÍA APROBADOS EN COLOMBIA

Acorde con lo especificado en el Decreto 2566 de Septiembre 10 de 2003 del MEN, en la Sala de Ingeniería, Arquitectura, Matemáticas y Ciencias Físicas de la Comisión Nacional de Aseguramiento de La Calidad de la Educación Superior, Conaces, las 19 denominaciones de los programas de ingenierías aprobados son:¹⁹⁷

- Ingeniería Agrícola.
- Ingeniería Agroindustrial.
- Ingeniería Ambiental.
- Ingeniería Civil.
- Ingeniería de Alimentos.
- Ingeniería de Materiales.
- Ingeniería de Minas.
- Ingeniería de Petróleos.
- Ingeniería de Sistemas o Informática.
- Ingeniería de Telecomunicaciones.
- Ingeniería Electrónica.
- Ingeniería Geológica.
- Ingeniería Industrial.
- Ingeniería Forestal.

¹⁹⁶ Mejores ECAES en Ingeniería Civil. Disponible en:
http://www.universidad.edu.co/index.php?option=com_content&task=view&id=128&Itemid=164

¹⁹⁷ Programas de ingeniería aprobados. Disponible en:
<http://www.elcolombiano.com/BancoConocimiento/E/empleadores/empleadores.asp>

Ingeniería Mecánica.
Ingeniería Metalúrgica.
Ingeniería Naval.
Ingeniería Química.